

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 2002-152762

(43)Date of publication of application : 24.05.2002

(51)Int.Cl.

H04N 9/07
G06T 5/20
G06T 7/00
H04N 1/409
H04N 1/46
H04N 1/60
H04N 9/64

(21)Application number : 2001-260095 (71)Applicant : NIKON CORP

(22)Date of filing : 29.08.2001 (72)Inventor : CHIN SETSUOKO
ISHIGA KENICHI

(30)Priority

Priority number : 2000260730 Priority date : 30.08.2000 Priority country : JP

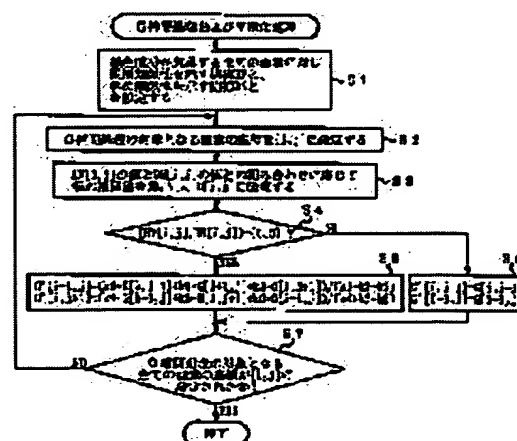
(54) IMAGE PROCESSING APPARATUS AND RECORDING MEDIUM WITH IMAGE PROCESSING PROGRAM RECORDED THEREON

(57)Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To provide an image processing apparatus smoothing image data and a recording medium on which an image processing program to allow a computer to realize the smoothing is recorded that smooth the image data while retaining the substantial structure of the image.

SOLUTION: The image processing unit applies selective smoothing to at least one color component of a target pixel depending on the correlation between the target pixel denoting a pixel to be noticed and pixels placed around the target pixel among pixels configuring the image data.

第1の実施形態における画像処理装置の動作フローチャート



LEGAL STATUS

[Date of request for examination]

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

[Date of registration]

[Number of appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of extinction of right]

Copyright (C); 1998,2003 Japan Patent Office

*** NOTICES ***

JPO and NCIPi are not responsible for any damages caused by the use of this translation.

1. This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.
2. **** shows the word which can not be translated.
3. In the drawings, any words are not translated.

CLAIMS

[Claim(s)]

[Claim 1] In the image processing system which graduates to the image data which consists of two or more pixels and contains at least one color component The image processing system characterized by having a smoothing means to graduate alternatively, to at least one color component of this view pixel according to correlation with the view pixel which shows the pixel to which its attention is paid among two or more pixels which constitute image data, and the pixel located around this view pixel.

[Claim 2] It is the image processing system characterized by graduating using the color information on at least one color component which the pixel by which said smoothing means adjoins said view pixel and this view pixel in an image processing system according to claim 1 has.

[Claim 3] In the image processing system which graduates to the image data which consists of two or more pixels and contains at least one color component A similarity calculation means to compute the similarity of the pixel to which its attention is paid among two or more pixels which constitute image data, and the pixel located around this pixel, A classification means to classify each which is the pixel by which similarity was computed for any of two or more groups from whom the description of this similarity differs being according to said similarity calculation means, The image processing system characterized by having a smoothing means to graduate to the color information on at least one color component of the pixel chosen from the pixel classified into the specific group among said two or more groups, and the pixel located near this pixel.

[Claim 4] It is the image processing system characterized by graduating using the color information on at least one color component which the pixel which adjoins the pixel and this pixel from which said smoothing means is set as the object of smoothing in an image processing system according to claim 3 has.

[Claim 5] In the image processing system which graduates to the image data which consists of two or more pixels and contains at least one color component A interpolation means to interpolate the color information on the color component which the pixel arranged the predetermined period among two or more pixels which constitute image data lacks, A similarity calculation means to compute the similarity to at least two different directions for every pixel set as the object of interpolation with said interpolation means, A classification means to classify each which is the pixel by which similarity was computed for any of two or more groups from whom the description of this similarity differs being according to said similarity calculation means, The image processing system characterized by having a smoothing means to graduate to the color information on the color component which the pixel chosen from the pixel which adjoins the pixel classified into the specific group among said two or more groups has.

[Claim 6] It is the image processing system characterized by graduating using the color information on the color component which the pixel which adjoins the pixel and this pixel from which said smoothing means is set as the object of smoothing in an image processing system according to claim 5 has.

[Claim 7] It is the image processing system characterized by graduating in parallel to interpolation according [on an image processing system according to claim 5 or 6 and / said smoothing means] to said interpolation means.

[Claim 8] It is the image processing system with which it is characterized by said smoothing means graduating to the color information on a color component with said spatial highest arrangement

consistency of the pixel which adjoins the pixel classified into said specific group by making said interpolation means into the object of interpolation of the pixel which lacks a color component with the spatial highest arrangement consistency in an image processing system given in any 1 term of claim 5 thru/or claim 7.

[Claim 9] In an image processing system given in any 1 term of claim 3, claim 4, claim 5, and claim 6 said smoothing means It graduates to the color information on the color component which the pixel which adjoins the pixel classified into said specific group according to said classification means has. The image processing system characterized by restoring the color information on the color component which the pixel which performed smoothing among the pixels which adjoin the pixel which was not classified into this specific group according to this classification means has to the original condition.

[Claim 10] In an image processing system according to claim 9 said smoothing means When the pixel which made sequential selection of the pixel set as the object of a classification with said classification means, and was chosen at the time of arbitration is classified into said specific group, It graduates to the color information on the color component which the pixel which adjoins this pixel and also adjoins this pixel that is not chosen at the time has. The image processing system characterized by restoring the color information on the color component which the pixel which already graduated among the pixels which adjoin this pixel has to the original condition when this pixel chosen at the time is not classified into this specific group.

[Claim 11] It is the image processing system characterized by graduating to the color information on the color component which the pixel which adjoins two or more pixels from which said smoothing means was classified into said specific group according to said classification means in the image processing system given in any 1 term of claim 3, claim 4, claim 5, and claim 6 has.

[Claim 12] It is the image processing system characterized by making into said specific group the group who shows the description from which the similarity by which said smoothing means was computed to at least two different directions in the image processing system given in any 1 term of claim 3 thru/or claim 11 with said similarity calculation means becomes comparable.

[Claim 13] It is the image processing system characterized by judging that the similarity to two different directions is comparable even if this ** cannot be found when the difference in the similarity by which said smoothing means was computed to at least two different directions in the image processing system according to claim 12 with said similarity calculation means is smaller than a predetermined threshold.

[Claim 14] In the record medium which recorded the image-processing program for realizing smoothing to the image data which consists of two or more pixels and contains at least one color component by computer The view pixel which shows the pixel to which its attention is paid among two or more pixels which constitute image data, The record medium which recorded the image-processing program characterized by realizing the smoothing procedure of graduating alternatively, by computer to at least one color component of this view pixel according to correlation with the pixel located around this view pixel.

[Claim 15] In the record medium which recorded the image-processing program for realizing smoothing to the image data which consists of two or more pixels and contains at least one color component by computer The similarity calculation procedure which computes the similarity of the pixel to which its attention is paid among two or more pixels which constitute image data, and the pixel located around this pixel, The classification procedure which classifies each which is the pixel by which similarity was computed for any of two or more groups from whom the description of this similarity differs being according to said similarity calculation procedure, The pixel classified into the specific group among said two or more groups, The record medium which recorded the image-processing program characterized by realizing the smoothing procedure of graduating to the color information on at least one color component of the pixel chosen from the pixel located near this pixel, by computer.

[Claim 16] In the record medium which recorded the image-processing program for realizing smoothing to the image data which consists of two or more pixels and contains at least one color component by computer The interpolation procedure of interpolating the color information on the color component which the pixel arranged the predetermined period among two or more pixels which constitute image data lacks, The similarity calculation procedure which computes the

similarity to at least two different directions for every pixel set as the object of interpolation in said interpolation procedure, The classification procedure which classifies each which is the pixel by which similarity was computed for any of two or more groups from whom the description of this similarity differs being according to said similarity calculation procedure, The record medium which recorded the image-processing program characterized by realizing the smoothing procedure of graduating to the color information on the color component which the pixel chosen from the pixel which adjoins the pixel classified into the specific group among said two or more groups has, by computer.

[Translation done.]

* NOTICES *

JPO and NCIPi are not responsible for any damages caused by the use of this translation.

1. This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.
2. **** shows the word which can not be translated.
3. In the drawings, any words are not translated.

DETAILED DESCRIPTION

[Detailed Description of the Invention]

[0001]

[Field of the Invention] This invention relates to the record medium which recorded the image-processing program for realizing the image processing system which graduates to image data, and this smoothing by computer.

[0002]

[Description of the Prior Art] There are some to which the color filter of two or more colors generates color picture data with the image sensor arranged at the position in an electronic camera. In such an electronic camera, since only the color information on one color component is outputted from each pixel of an image sensor, in order to acquire the color information on all color components per pixel, interpolation processing is performed.

[0003] The spatial similarity of the pixel for interpolation set as the object of interpolation processing as such interpolation processing and the circumference pixel located around the pixel for interpolation is judged, and the approach of computing a interpolation value using the color information outputted from the circumference pixel located in the direction where similarity is strong is considered from the former. It is common to compute a interpolation value to homogeneity to the direction of plurality [pixel / for interpolation], by such approach, using the color information on a circumference pixel, when similarity is strong.

[0004] For example, the value of color information changes periodically at spacing equivalent to the 1-pixel pitch of an image sensor like drawing 10 (1), and when each pixel performs interpolation processing in two or more directions to the image data which shows comparable similarity, green interpolation value $G_r[i, j]$ to the pixel which has the color information on R (red) located in a coordinate $[i, j]$ will be computed as follows.

[0005]

$G_r[i, j] = (i-1, G[i, j-1] + G[i, j+1] + G[j] + G[i+1, j]) / 4 + 4 \text{ and } R[i, j] - R[i, j-2] - R[i, j+2] - R[i-2, j] - R[i+2, j] / 8 = 4 + [200 + 200 + 100 + 100] / (4 - 150 - 150 - 150 - 150) / 8$ Like =150, when the green interpolation value of other pixels is computed, the color information on the green component obtained after interpolation processing will show the check pattern which changes periodically at spacing equivalent to the 1-pixel pitch of an image sensor like drawing 10 (2).

[0006]

[Problem(s) to be Solved by the Invention] By the way, color picture data as shown in drawing 10 (1) are generated not only when the photographic subject image of the check pattern of high density is picturized, but when the photographic subject of the stripe pattern of the lengthwise direction of spacing or a lateral stripe pattern equivalent to a 1-pixel pitch is picturized. Moreover, even if it is the case where a photographic subject without change of a color is picturized, it is known that the color picture data of the check pattern of high density will be generated by the wavelength dependency of the depth in which the gain difference of odd lines and even lines and light of an image sensor permeate the interior of an image sensor.

[0007] That is, the subject-copy image of color picture data as shown in drawing 10 (1) is not necessarily the check pattern of high density. A periodic change of the color information on a green component as shown in drawing 10 (2) appears as a noise in the image after interpolation processing, and a possibility of reducing image quality remarkably has it. Furthermore, when compressing the

image containing such a noise (JPEG etc.) and saving it, compression efficiency also gets worse.

[0008] Therefore, in the electronic camera, in order to remove the check pattern of high density from color picture data, the measures which graduate are taken. However, since smoothing currently performed from the former had graduated the whole color picture data uniformly, the structure of a part where a color and brightness changed finely failed, and it had a possibility that the resolution of image original might fall. In addition, the fall of such resolution has a possibility of generating even if it is the image data of not only color picture data but monochrome.

[0009] Moreover, in order to smooth the flat part of the color picture data which interpolation processing completed, the technique of graduating to the pixel belonging to a flat part is indicated by the U.S. Pat. No. 5,596,367 specification. However, with such a technique, the check pattern of the high density mentioned above is unremovable, and the isolated luminescent spot cannot be removed. Therefore, the deterioration of image quality or the aggravation of compression efficiency which were mentioned above cannot fully be controlled.

[0010] Furthermore, since smoothing is performed not only using the pixel located in the partial field to which the pixel set as the object of smoothing belongs but using the color information on a pixel that it is located around it, the structure of a partial field may fail in the technique currently indicated by the U.S. Pat. No. 5,596,367 specification. Moreover, with the technique currently indicated by the U.S. Pat. No. 5,596,367 specification, unless it is after interpolation processing is completed, it cannot graduate and interpolation processing and smoothing cannot be performed to juxtaposition. Therefore, great time amount is taken [after starting interpolation processing] to complete smoothing.

[0011] Furthermore, it is necessary to continue holding the value (classifiers) which shows the classification result of the description for every pixel until interpolation processing and smoothing are completed, and with the technique currently indicated by the U.S. Pat. No. 5,596,367 specification, memory will be occupied seriously. Then, claim 1 thru/or invention according to claim 13 aim at offering the image processing system which can graduate, leaving the structure of image original. Especially claim 7 aims at offering the image processing system which can perform smoothing accompanied by interpolation promptly.

[0012] Moreover, claim 14 thru/or invention according to claim 16 aim at offering the record medium which recorded the image-processing program which can graduate, leaving the structure of image original.

[0013]

[Means for Solving the Problem] In the image processing system which graduates to the image data which an image processing system according to claim 1 consists of two or more pixels, and contains at least one color component It is characterized by having a smoothing means to graduate alternatively, to at least one color component of this view pixel according to correlation with the view pixel which shows the pixel to which its attention is paid among two or more pixels which constitute image data, and the pixel located around this view pixel.

[0014] In addition, there is the approach of transposing as smoothing the color information on the pixel set as the object of smoothing to the value which carried out load addition of the color information on the color component of the pixel in a partial field (pixel located around the pixel set as the object of smoothing and this pixel) etc. An image processing system according to claim 2 is characterized by the pixel by which said smoothing means adjoins said view pixel and this view pixel graduating using the color information on at least one color component which it has in an image processing system according to claim 1.

[0015] In the image processing system which graduates to the image data which an image processing system according to claim 3 consists of two or more pixels, and contains at least one color component A similarity calculation means to compute the similarity of the pixel to which its attention is paid among two or more pixels which constitute image data, and the pixel located around this pixel, A classification means to classify each which is the pixel by which similarity was computed for any of two or more groups from whom the description of this similarity differs being according to said similarity calculation means, It is characterized by having a smoothing means to graduate to the color information on at least one color component of the pixel chosen from the pixel classified into the specific group among said two or more groups, and the pixel located near this

pixel.

[0016] An image processing system according to claim 4 is characterized by the pixel which adjoins the pixel and this pixel from which said smoothing means is set as the object of smoothing graduating using the color information on at least one color component which it has in an image processing system according to claim 3.

[0017] In the image processing system which graduates to the image data which an image processing system according to claim 5 consists of two or more pixels, and contains at least one color component A interpolation means to interpolate the color information on the color component which the pixel arranged the predetermined period among two or more pixels which constitute image data lacks, A similarity calculation means to compute the similarity to at least two different directions for every pixel set as the object of interpolation with said interpolation means, A classification means to classify each which is the pixel by which similarity was computed for any of two or more groups from whom the description of this similarity differs being according to said similarity calculation means, It is characterized by having a smoothing means to graduate to the color information on the color component which the pixel chosen from the pixel which adjoins the pixel classified into the specific group among said two or more groups has.

[0018] In addition, with a interpolation means, a similarity calculation means is in the condition which interpolation completed, may compute similarity, is in the condition before interpolation is completed, and may compute similarity. Moreover, with a interpolation means, when using similarity on the occasion of interpolation, the similarity computed with a similarity calculation means may be used, and similarity may be computed separately. An image processing system according to claim 6 is characterized by the pixel which adjoins the pixel and this pixel from which said smoothing means is set as the object of smoothing graduating using the color information on the color component which it has in an image processing system according to claim 5.

[0019] It is characterized by graduating in parallel to interpolation according [on an image processing system according to claim 5 or 6 and / said smoothing means] to said interpolation means in an image processing system according to claim 7. An image processing system according to claim 8 is made into the object of interpolation of the pixel which lacks a color component with the highest arrangement consistency with said spatial interpolation means in an image processing system given in any 1 term of claim 5 thru/or claim 7, and said smoothing means is characterized by graduating to the color information on a color component with said spatial highest arrangement consistency of the pixel which adjoins the pixel classified into said specific group.

[0020] An image processing system according to claim 9 is set to an image processing system given in any 1 term of claim 3, claim 4, claim 5, and claim 6. Said smoothing means It graduates to the color information on the color component which the pixel which adjoins the pixel classified into said specific group according to said classification means has. It is characterized by restoring the color information on the color component which the pixel which performed smoothing among the pixels which adjoin the pixel which was not classified into this specific group according to this classification means has to the original condition.

[0021] An image processing system according to claim 10 is set to an image processing system according to claim 9. Said smoothing means When the pixel which made sequential selection of the pixel set as the object of a classification with said classification means, and was chosen at the time of arbitration is classified into said specific group, It graduates to the color information on the color component which the pixel which adjoins this pixel and also adjoins this pixel that is not chosen at the time has. When this pixel chosen at the time is not classified into this specific group, it is characterized by restoring the color information on the color component which the pixel which already graduated among the pixels which adjoin this pixel has to the original condition.

[0022] An image processing system according to claim 11 is characterized by the pixel which adjoins two or more pixels from which said smoothing means was classified into said specific group according to said classification means graduating to the color information on the color component which it has in an image processing system given in any 1 term of claim 3, claim 4, claim 5, and claim 6. An image processing system according to claim 12 is characterized by said smoothing means making the group who shows the description from which the similarity computed to at least two different directions with said similarity calculation means becomes comparable said specific

group in an image processing system given in any 1 term of claim 3 thru/or claim 11.

[0023] In an image processing system according to claim 12, when said smoothing means has the difference in the similarity computed to at least two different directions with said similarity calculation means smaller than a predetermined threshold, even if an image processing system according to claim 13 does not have this **, it is characterized by judging that the similarity to two different directions is comparable. The record medium which recorded the image-processing program according to claim 14 In the record medium which recorded the image-processing program for realizing smoothing to the image data which consists of two or more pixels and contains at least one color component by computer It is characterized by realizing the smoothing procedure of graduating alternatively, by computer to at least one color component of this view pixel according to correlation with the view pixel which shows the pixel to which its attention is paid among two or more pixels which constitute image data, and the pixel located around this view pixel.

[0024] The record medium which recorded the image-processing program according to claim 15 In the record medium which recorded the image-processing program for realizing smoothing to the image data which consists of two or more pixels and contains at least one color component by computer The similarity calculation procedure which computes the similarity of the pixel to which its attention is paid among two or more pixels which constitute image data, and the pixel located around this pixel, The classification procedure which classifies each which is the pixel by which similarity was computed for any of two or more groups from whom the description of this similarity differs being according to said similarity calculation procedure, The pixel classified into the specific group among said two or more groups, The record medium which recorded the image-processing program characterized by realizing the smoothing procedure of graduating to the color information on at least one color component of the pixel chosen from the pixel located near this pixel, by computer.

[0025] The record medium which recorded the image-processing program according to claim 16 In the record medium which recorded the image-processing program for realizing smoothing to the image data which consists of two or more pixels and contains at least one color component by computer The interpolation procedure of interpolating the color information on the color component which the pixel arranged the predetermined period among two or more pixels which constitute image data lacks, The similarity calculation procedure which computes the similarity to at least two different directions for every pixel set as the object of interpolation in said interpolation procedure, The classification procedure which classifies each which is the pixel by which similarity was computed for any of two or more groups from whom the description of this similarity differs being according to said similarity calculation procedure, It is characterized by realizing the smoothing procedure of graduating to the color information on the color component which the pixel chosen from the pixel which adjoins the pixel classified into the specific group among said two or more groups has, by computer.

[0026]

[Embodiment of the Invention] Hereafter, based on a drawing, a detail is explained about the operation gestalt of this invention. However, the 1st operation gestalt thru/or the 3rd operation gestalt explain using the electronic camera equipped with the function of the image processing which the image processing system of this invention performs. Drawing 1 is the functional block diagram of the electronic camera corresponding to the 1st operation gestalt thru/or the 3rd operation gestalt.

[0027] In drawing 1, while the electronic camera 1 is equipped with the A/D-conversion section 10, the image-processing section (for example, 1 chip microprocessor only for image processings) 11, a control section 12, memory 13, compression/expanding section 14, and the display image generation section 15 The interface section 17 for memory cards, and the predetermined cable and radio-transmission way which take an interface with a memory card (removable card-like memory) 16 are minded. It has the external-interface section 19 which takes an interface with the external device of PC(personal computer) 18 grade, and these are mutually connected through a bus.

[0028] Moreover, the electronic camera 1 is equipped with the photography optical system 20, an image sensor 21, the analog signal processing section 22, and the timing control section 23. An optical image carries out image formation to an image sensor 21 through the photography optical system 20. The output of an image sensor 21 It connects with the analog signal processing section

22. The output of the analog signal processing section 22 It connects with the A/D-conversion section 10, the output of a control section 12 is connected to the timing control section 23, and the output of the timing control section 23 is connected to an image sensor 21, the analog signal processing section 22, the A/D-conversion section 10, and the image-processing section 11.

[0029] Furthermore, the electronic camera 1 is equipped with the control unit 24 and monitor 25 equivalent to a release carbon button, the selection carbon button for a mode switch, etc., the output of a control unit 24 is connected to a control section 12, and the output of the display image generation section 15 is connected to a monitor 25. In addition, the display 26 and the printer 27 grade shall be connected to PC18, and the application program recorded on CD-ROM28 shall be installed beforehand. Moreover, PC18 is equipped with the external-interface section (illustration abbreviation) which takes an interface with the external device of electronic camera 1 grade through the interface section for memory cards (illustration abbreviation), the predetermined cable, and radio-transmission way which take the interface with a memory card 16 other than non-illustrated CPU, memory, and a hard disk.

[0030] In the electronic camera 1 of a configuration like drawing 1 , if photography mode is chosen by the operator and a release carbon button is pushed through a control unit 24, a control section 12 will perform timing control to an image sensor 21, the analog signal processing section 22, and the A/D-conversion section 10 through the timing control section 23. An image sensor 21 generates the picture signal corresponding to an optical image, and signal processing predetermined in the analog signal processing section 22 is performed, and the picture signal is digitized in the A/D-conversion section 10, and is supplied to the image-processing section 11 as image data. The image-processing section 11 performs the interpolation processing and data smoothing which are mentioned later to image data, and also performs the image processing of gamma amendment or profile emphasis. If needed, compression processing predetermined in compression/expanding section 14 is performed, and the image data which the image processing completed is recorded on a memory card 16 through the interface section 17 for memory cards.

[0031] In addition, the image data which the image processing completed may be recorded on a memory card 16, without performing compression processing, or may be changed into the color coordinate system adopted by the display 26 and printer 27 by the side of PC18, and may be supplied to PC18 through the external-interface section 19. Moreover, if a playback mode is chosen by the operator through a control unit 24, it will be read through the interface section 17 for memory cards, expanding processing will be performed in compression/expanding section 12, and the image data currently recorded on the memory card 16 will be displayed on a monitor 25 through the display image creation section 15.

[0032] In addition, the image data to which expanding processing was performed may not be displayed on a monitor 25, but may be changed into the color coordinate system adopted by the display 26 and printer 27 by the side of PC18, and may be supplied to PC18 through the external-interface section 19.

[0033] Drawing 2 is drawing showing the array of the color component of the image data in the 1st operation gestalt and the 2nd operation gestalt. In addition, drawing 2 shows the class of color component using R, G, and B, and shows the location which is the pixel in which each color component exists using the value of a coordinate [X, Y]. If the coordinate of the pixel for interpolation set as the object of interpolation processing is set to [i, j], drawing 2 will show the array of the pixel of 7x7 centering on the pixel for interpolation. Moreover, an array when drawing 2 (1) makes the pixel in which a red component exists the pixel for interpolation is shown, and drawing 2 (2) shows the array at the time of making into the pixel for interpolation the pixel in which a blue component exists.

[0034] In the 1st operation gestalt and the 2nd operation gestalt by the way, the image-processing section 11 Interpolation processing with which the green interpolation value to the pixel which lacks a green component is compensated ("G interpolation processing" is called hereafter.) While carrying out, data smoothing of the circumference pixel located around being the pixel which lacks a green component is performed, and interpolation processing by which the pixel which lacks a red component and a blue component is compensated with a red interpolation value or a blue interpolation value is performed after that. However, since interpolation processing with which a

blue interpolation value and a red interpolation value are compensated can be performed as usual, explanation is omitted.

[0035] moreover, with the 1st operation gestalt and the 2nd operation gestalt In order to simplify explanation, while setting the coordinate of the pixel for interpolation in G interpolation processing to [i, j] Since a green interpolation value is computable regardless of the class (red or blue) of color component of the pixel for interpolation, R and B of drawing 2 are transposed to Z, Z [i, j] expresses the color information on the pixel for interpolation, and it expresses similarly about the color information on other pixels.

[0036] Furthermore, with the 1st operation gestalt thru/or the 3rd operation gestalt, although the result of G interpolation processing or data smoothing is set as G' [X, Y], about the thing corresponding to the pixel in which the color component of a green component exists among G' [X, Y], color component [of a green component] G [X, Y] shall be set up as initial value.

<< -- 1st operation gestalt>> -- although drawing 3 is the operation flow chart of the image-processing section 11 in the 1st operation gestalt, it shows actuation of G interpolation processing and data smoothing among actuation of the image-processing section 11.

[0037] Hereafter, although actuation of the 1st operation gestalt is explained, with reference to drawing 3 , actuation of G interpolation processing by the image-processing section 11 and data smoothing is explained, and explanation of other actuation is omitted here. In addition, the 1st operation gestalt corresponds to claim 1, claim 2, claim 5 or claim 10, claim 12, and claim 13. First, the image-processing section 11 computes the similarity of a lengthwise direction and a longitudinal direction to all the pixels that lack a green component, and it computes the similarity of the direction of slant while it sets up the index HV which shows the similarity ("similarity in every direction" is called hereafter.) of a lengthwise direction and a longitudinal direction, and it sets up the index DN which shows the similarity ("slanting similarity" is called hereafter.) of the direction of slant (drawing 3 S1).

[0038] However, to the pixel which sets -1 as Index HV [i, j] to a pixel with lateral similarity set [as opposed to / at the operation gestalt of ** a 1st / a pixel with the similarity of a lengthwise direction stronger than a longitudinal direction] 1 as Index HV [i, j], and stronger than a lengthwise direction, and distinction does not attach to similarity between in every direction, 0 shall be set as Index HV.

Moreover, to a pixel with the strong similarity of the direction of 45 slant, 1 is set as Index DN [i, j] rather than the direction of 135 slant. Rather than the direction of 45 slant, to a pixel with the strong similarity of the direction of 135 slant, -1 shall be set as Index DN [i, j], and 0 shall be set as Index DN [i, j] to the pixel which distinction does not attach to similarity between the directions of slant.

[0039] For example, to all the pixels that lack a green component, the processing which sets up Index HV and Index DN carries out a sequential setup of the coordinate which is the pixel to which [i, j] lack a green component, and can be realized by repeating the processing shown below and performing it. First, the image-processing section 11 computes two or more kinds of similarity components to the lengthwise direction and longitudinal direction which are defined by the following formulas 10 - the formula 21.

[0040]

similarity component [of a lengthwise direction] between GG(s): -- $Cv1[i, j] = |G[i, j-1] - G[i, j+1]|$
 | ... formula 10 lateral similarity component between GG(s): -- $i+1$ and $i-1$ and $Ch1[i, j] = |G[j] - G[j+1]|$
 | ... formula 11 Similarity component between BB(RR(s)) of a lengthwise direction: $Cv2[i, j] =$

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開2002-152762

(P2002-152762A)

(43) 公開日 平成14年5月24日 (2002. 5. 24)

(51) Int.Cl. ⁷	識別記号	F I	テーマト* (参考)
H 0 4 N 9/07		H 0 4 N 9/07	C 5 B 0 5 7
G 0 6 T 5/20		G 0 6 T 5/20	C 5 C 0 6 5
	2 5 0	7/00	2 5 0 5 C 0 6 6
H 0 4 N 1/409		H 0 4 N 9/64	R 5 C 0 7 7
1/46		1/40	1 0 1 C 5 C 0 7 9
審査請求 未請求 請求項の数16 O L (全 19 頁) 最終頁に続く			

(21) 出願番号 特願2001-260095(P2001-260095)

(22) 出願日 平成13年8月29日 (2001. 8. 29)

(31) 優先権主張番号 特願2000-260730(P2000-260730)

(32) 優先日 平成12年8月30日 (2000. 8. 30)

(33) 優先権主張国 日本 (J P)

(71) 出願人 000004112

株式会社ニコン

東京都千代田区丸の内3丁目2番3号

(72) 発明者 陳 浙宏

東京都千代田区丸の内3丁目2番3号 株式会社ニコン内

(72) 発明者 石賀 健一

東京都千代田区丸の内3丁目2番3号 株式会社ニコン内

(74) 代理人 100072718

弁理士 古谷 史旺

最終頁に続く

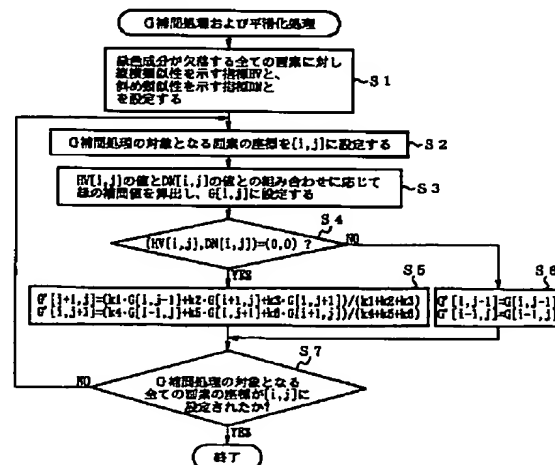
(54) 【発明の名称】 画像処理装置および画像処理プログラムを記録した記録媒体

(57) 【要約】

【課題】 画像データに対して平滑化を行う画像処理装置および該平滑化をコンピュータで実現させるための画像処理プログラムを記録した記録媒体に関し、画像本来の構造を残しつつ平滑化を行うことを目的とする。

【解決手段】 画像データを構成する複数の画素のうち、着目する画素を示す着目画素と、該着目画素の周辺に位置する画素との相関に応じて、該着目画素の少なくとも1つの色成分に対し、選択的に平滑化を行う。

第1の実施形態における画像処理部の動作フローチャート



【特許請求の範囲】

【請求項 1】 複数の画素で構成され、少なくとも 1 つの色成分を含む画像データに対して平滑化を行う画像処理装置において、画像データを構成する複数の画素のうち、着目する画素を示す着目画素と、該着目画素の周辺に位置する画素との相関に応じて、該着目画素の少なくとも 1 つの色成分に対し、選択的に平滑化を行う平滑化手段を備えたことを特徴とする画像処理装置。

【請求項 2】 請求項 1 に記載の画像処理装置において、前記平滑化手段は、前記着目画素および該着目画素に隣接する画素が有する少なくとも 1 つの色成分の色情報を用いて平滑化を行うことを特徴とする画像処理装置。

【請求項 3】 複数の画素で構成され、少なくとも 1 つの色成分を含む画像データに対して平滑化を行う画像処理装置において、画像データを構成する複数の画素のうち、着目する画素と、該画素の周辺に位置する画素との類似度を算出する類似度算出手段と、前記類似度算出手段で類似度が算出された画素の各々を、該類似度の特徴が異なる複数のグループの何れかに分類する分類手段と、前記複数のグループのうち、特定のグループに分類された画素と、該画素の近傍に位置する画素とから選択した画素の少なくとも 1 つの色成分の色情報に平滑化を行う平滑化手段とを備えたことを特徴とする画像処理装置。

【請求項 4】 請求項 3 に記載の画像処理装置において、前記平滑化手段は、平滑化の対象となる画素および該画素に隣接する画素が有する少なくとも 1 つの色成分の色情報を用いて平滑化を行うことを特徴とする画像処理装置。

【請求項 5】 複数の画素で構成され、少なくとも 1 つの色成分を含む画像データに対して平滑化を行う画像処理装置において、画像データを構成する複数の画素のうち、所定の周期で配置された画素に欠落する色成分の色情報を補間する補間手段と、前記補間手段で補間の対象となる画素毎に、少なくとも 2 つの異なる方向に対する類似度を算出する類似度算出手段と、前記類似度算出手段で類似度が算出された画素の各々を、該類似度の特徴が異なる複数のグループの何れかに分類する分類手段と、前記複数のグループのうち、特定のグループに分類された画素に隣接する画素から選択した画素が有する色成分の色情報に平滑化を行う平滑化手段とを備えたことを特徴とする画像処理装置。

【請求項 6】 請求項 5 に記載の画像処理装置において、前記平滑化手段は、平滑化の対象となる画素および該画素に隣接する画素が有する色成分の色情報を用いて平滑化を行うことを特徴とする画像処理装置。

【請求項 7】 請求項 5 または請求項 6 に記載の画像処理装置において、前記平滑化手段は、前記補間手段による補間に並行して平滑化を行うことを特徴とする画像処理装置。

【請求項 8】 請求項 5 ないし請求項 7 の何れか 1 項に記載の画像処理装置において、前記補間手段は、空間的な配置密度が最も高い色成分が欠落する画素を補間の対象とし、前記平滑化手段は、前記特定のグループに分類された画素に隣接する画素の前記空間的な配置密度が最も高い色成分の色情報に平滑化を行うことを特徴とする画像処理装置。

【請求項 9】 請求項 3、請求項 4、請求項 5、請求項 6 の何れか 1 項に記載の画像処理装置において、前記平滑化手段は、前記分類手段で前記特定のグループに分類された画素に隣接する画素が有する色成分の色情報に平滑化を行い、該分類手段で該特定のグループに分類されなかった画素に隣接する画素のうち、平滑化を行った画素が有する色成分の色情報を元の状態に復元することを特徴とする画像処理装置。

【請求項 10】 請求項 9 に記載の画像処理装置において、前記平滑化手段は、前記分類手段で分類の対象となった画素を順次選択し、任意の時点で選択した画素が前記特定のグループに分類される場合、該画素に隣接し、かつ、該時点で選択されていない画素にも隣接する画素が有する色成分の色情報に平滑化を行い、該時点で選択した画素が該特定のグループに分類されない場合、該画素に隣接する画素のうち、既に平滑化を行った画素が有する色成分の色情報を元の状態に復元することを特徴とする画像処理装置。

【請求項 11】 請求項 3、請求項 4、請求項 5、請求項 6 の何れか 1 項に記載の画像処理装置において、前記平滑化手段は、前記分類手段で前記特定のグループに分類された複数の画素に隣接する画素が有する色成分の色情報に平滑化を行うことを特徴とする画像処理装置。

【請求項 12】 請求項 3 ないし請求項 11 の何れか 1 項に記載の画像処理装置において、前記平滑化手段は、前記類似度算出手段で少なくとも 2 つの異なる方向に対して算出された類似度が同程度となる特徴を示すグルー

ブを、前記特定のグループとすることを特徴とする画像処理装置。

【請求項13】 請求項12に記載の画像処理装置において、

前記平滑化手段は、

前記類似度算出手段で少なくとも2つの異なる方向に対して算出された類似度の差異が所定の閾値よりも小さい場合、該少なくとも2つの異なる方向に対する類似度が同程度であると判断することを特徴とする画像処理装置。

【請求項14】 複数の画素で構成され、少なくとも1つの色成分を含む画像データに対する平滑化をコンピュータで実現させるための画像処理プログラムを記録した記録媒体において、

画像データを構成する複数の画素のうち、着目する画素を示す着目画素と、該着目画素の周辺に位置する画素との相関に応じて、該着目画素の少なくとも1つの色成分に対し、選択的に平滑化を行う平滑化手順をコンピュータで実現させることを特徴とする画像処理プログラムを記録した記録媒体。

【請求項15】 複数の画素で構成され、少なくとも1つの色成分を含む画像データに対する平滑化をコンピュータで実現させるための画像処理プログラムを記録した記録媒体において、

画像データを構成する複数の画素のうち、着目する画素と、該画素の周辺に位置する画素との類似度を算出する類似度算出手順と、

前記類似度算出手順で類似度が算出された画素の各々を、該類似度の特徴が異なる複数のグループの何れかに分類する分類手順と、

前記複数のグループのうち、特定のグループに分類された画素と、該画素の近傍に位置する画素とから選択した画素の少なくとも1つの色成分の色情報に平滑化を行う平滑化手順とをコンピュータで実現させることを特徴とする画像処理プログラムを記録した記録媒体。

【請求項16】 複数の画素で構成され、少なくとも1つの色成分を含む画像データに対する平滑化をコンピュータで実現させるための画像処理プログラムを記録した記録媒体において、

画像データを構成する複数の画素のうち、所定の周期で配置された画素に欠落する色成分の色情報を補間する補*

$$\begin{aligned} G'r[i,j] &= (G[i,j-1] + G[i,j+1] + G[i-1,j] + G[i+1,j]) / 4 \\ &\quad + (4 \cdot R[i,j] - R[i,j-2] - R[i,j+2] - R[i-2,j] - R[i+2,j]) / 8 \\ &= (200 + 200 + 100 + 100) / 4 + (4 \cdot 150 - 150 - 150 - 150 - 150) / 8 \\ &= 150 \end{aligned}$$

同様に、他の画素の緑の補間値を算出すると、補間処理後に得られる緑色成分の色情報は、図10(2)のように、撮像素子の1画素ピッチに相当する間隔で周期的に変化するチェックパターンを示すことになる。

【0006】

* 間手順と、

前記補間手順で補間の対象となる画素毎に、少なくとも2つの異なる方向に対する類似度を算出する類似度算出手順と、

前記類似度算出手順で類似度が算出された画素の各々を、該類似度の特徴が異なる複数のグループの何れかに分類する分類手順と、

前記複数のグループのうち、特定のグループに分類された画素に隣接する画素から選択した画素が有する色成分の色情報に平滑化を行う平滑化手順とをコンピュータで実現させることを特徴とする画像処理プログラムを記録した記録媒体。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、画像データに対して平滑化を行う画像処理装置および該平滑化をコンピュータで実現させるための画像処理プログラムを記録した記録媒体に関する。

【0002】

20 【従来の技術】電子カメラには、複数色のカラーフィルタが所定の位置に配置された撮像素子によって、カラー画像データを生成するものがある。このような電子カメラでは、撮像素子の個々の画素から1つの色成分の色情報しか出力されないため、画素単位で全ての色成分の色情報を得るために、補間処理が行われている。

【0003】このような補間処理としては、補間処理の対象となる補間対象画素と、補間対象画素の周辺に位置する周辺画素との空間的な類似性を判定し、類似性の強い方向に位置する周辺画素から出力される色情報を用いて補間値を算出する方法が従来から考えられている。このような方法では、補間対象画素が複数の方向に対して類似性が強い場合、補間値は周辺画素の色情報を均一に利用して算出するのが一般的である。

【0004】例えば、図10(1)のように、撮像素子の1画素ピッチに相当する間隔で色情報の値が周期的に変化し、各々の画素が複数の方向に同程度の類似性を示す画像データに対して補間処理を行う場合、座標[i,j]に位置するR(赤色)の色情報を有する画素に対する緑の補間値G'r[i,j]は、以下のように算出されることとなる。

【0005】

【発明が解決しようとする課題】ところで、図10

(1)に示すようなカラー画像データは、高密度のチェックパターンの被写体像が撮像された場合だけでなく、1画素ピッチに相当する間隔の縦方向のストライプパターンや横方向のストライプパターンの被写体像が撮像され

た場合にも生成される。また、色の変化が全く無い被写体が撮像された場合であっても、撮像素子の奇数ラインと偶数ラインとのゲイン差や、光が撮像素子の内部に浸透する深さの波長依存性によって、高密度のチェックパターンのカラー画像データが生成されることが知られている。

【0007】すなわち、図10(1)に示すようなカラー画像データの原画像は、必ずしも高密度のチェックパターンであるとは限らない。図10(2)に示すような周期的な緑色成分の色情報の変化は、補間処理後の画像にノイズとして現れ、画質を著しく低下させるおそれがある。さらに、このようなノイズを含む画像を圧縮(JPEG等)して保存する場合、圧縮効率も悪化する。

【0008】そのため、電子カメラでは、カラー画像データから高密度のチェックパターンを除去するために、平滑化を行う対策がとられている。しかし、従来から行われている平滑化は、カラー画像データの全体を一様に平滑化しているので、色や輝度が細かく変化する部分の構造が破綻し、画像本来の解像度が低下するおそれがあった。なお、このような解像度の低下は、カラー画像データに限らず、モノクロの画像データであっても発生するおそれがある。

【0009】また、米国特許第5,596,367号明細書には、補間処理が完了したカラー画像データの平坦部を滑らかにするために、平坦部に属する画素に平滑化を行う技術が開示されている。しかし、このような技術では、上述した高密度のチェックパターンを除去することや、孤立輝点を除去することができない。そのため、上述した画質の低下や圧縮効率の悪化を十分に抑制することができない。

【0010】さらに、米国特許第5,596,367号明細書に開示されている技術では、平滑化の対象となる画素が属する局所領域に位置する画素だけでなく、その周辺に位置する画素の色情報を用いて平滑化が行われるため、局所領域の構造が破綻する可能性がある。また、米国特許第5,596,367号明細書に開示されている技術では、補間処理が完了してからでないと、平滑化を行うことができず、補間処理と平滑化とを並列に行うことができない。そのため、補間処理を開始してから平滑化が完了するまでに多大な時間を要する。

【0011】さらに、米国特許第5,596,367号明細書に開示されている技術では、各画素毎に特徴の分類結果を示す値(classifiers)を、補間処理と平滑化とが完了するまで保持し続ける必要があり、メモリを多大に占有してしまう。そこで、請求項1ないし請求項13に記載の発明は、画像本来の構造を残しつつ、平滑化が行える画像処理装置を提供することを目的とする。特に、請求項7は、補間を伴う平滑化を速やかに行うことができる画像処理装置を提供することを目的とする。

【0012】また、請求項14ないし請求項16に記載

の発明は、画像本来の構造を残しつつ、平滑化が行える画像処理プログラムを記録した記録媒体を提供することを目的とする。

【0013】

【課題を解決するための手段】請求項1に記載の画像処理装置は、複数の画素で構成され、少なくとも1つの色成分を含む画像データに対して平滑化を行う画像処理装置において、画像データを構成する複数の画素のうち、着目する画素を示す着目画素と、該着目画素の周辺に位置する画素との相関に応じて、該着目画素の少なくとも1つの色成分に対し、選択的に平滑化を行う平滑化手段を備えたことを特徴とする。

【0014】なお、平滑化としては、平滑化の対象となる画素の色情報を、局所領域内の画素(平滑化の対象となる画素および該画素の周辺に位置する画素)の色成分の色情報を加重加算した値に置き換える方法等がある。請求項2に記載の画像処理装置は、請求項1に記載の画像処理装置において、前記平滑化手段は、前記着目画素および該着目画素に隣接する画素が有する少なくとも1つの色成分の色情報を用いて平滑化を行うことを特徴とする。

【0015】請求項3に記載の画像処理装置は、複数の画素で構成され、少なくとも1つの色成分を含む画像データに対して平滑化を行う画像処理装置において、画像データを構成する複数の画素のうち、着目する画素と、該画素の周辺に位置する画素との類似度を算出する類似度算出手段と、前記類似度算出手段で類似度が算出された画素の各々を、該類似度の特徴が異なる複数のグループの何れかに分類する分類手段と、前記複数のグループのうち、特定のグループに分類された画素と、該画素の近傍に位置する画素とから選択した画素の少なくとも1つの色成分の色情報に平滑化を行う平滑化手段とを備えたことを特徴とする。

【0016】請求項4に記載の画像処理装置は、請求項3に記載の画像処理装置において、前記平滑化手段は、平滑化の対象となる画素および該画素に隣接する画素が有する少なくとも1つの色成分の色情報を用いて平滑化を行うことを特徴とする。

【0017】請求項5に記載の画像処理装置は、複数の画素で構成され、少なくとも1つの色成分を含む画像データに対して平滑化を行う画像処理装置において、画像データを構成する複数の画素のうち、所定の周期で配置された画素に欠落する色成分の色情報を補間する補間手段と、前記補間手段で補間の対象となる画素毎に、少なくとも2つの異なる方向に対する類似度を算出する類似度算出手段と、前記類似度算出手段で類似度が算出された画素の各々を、該類似度の特徴が異なる複数のグループの何れかに分類する分類手段と、前記複数のグループのうち、特定のグループに分類された画素に隣接する画素から選択した画素が有する色成分の色情報に平滑化を

行う平滑化手段とを備えたことを特徴とする。

【0018】なお、類似度算出手段は、補間手段によって補間が完了した状態で、類似度を算出しても良いし、補間が完了する前の状態で、類似度を算出しても良い。また、補間手段では、補間に際して類似度を用いる場合、類似度算出手段で算出される類似度を用いても良いし、別途、類似度を算出しても良い。請求項6に記載の画像処理装置は、請求項5に記載の画像処理装置において、前記平滑化手段は、平滑化の対象となる画素および該画素に隣接する画素有する色成分の色情報を用いて平滑化を行うことを特徴とする。

【0019】請求項7に記載の画像処理装置は、請求項5または請求項6に記載の画像処理装置において、前記平滑化手段は、前記補間手段による補間に並行して平滑化を行うことを特徴とする。請求項8に記載の画像処理装置は、請求項5ないし請求項7の何れか1項に記載の画像処理装置において、前記補間手段は、空間的な配置密度が最も高い色成分が欠落する画素を補間の対象とし、前記平滑化手段は、前記特定のグループに分類された画素に隣接する画素の前記空間的な配置密度が最も高い色成分の色情報に平滑化を行うことを特徴とする。

【0020】請求項9に記載の画像処理装置は、請求項3、請求項4、請求項5、請求項6の何れか1項に記載の画像処理装置において、前記平滑化手段は、前記分類手段で前記特定のグループに分類された画素に隣接する画素有する色成分の色情報に平滑化を行い、該分類手段で該特定のグループに分類されなかった画素に隣接する画素のうち、平滑化を行った画素有する色成分の色情報を元の状態に復元することを特徴とする。

【0021】請求項10に記載の画像処理装置は、請求項9に記載の画像処理装置において、前記平滑化手段は、前記分類手段で分類の対象となった画素を順次選択し、任意の時点で選択した画素が前記特定のグループに分類される場合、該画素に隣接し、かつ、該時点で選択されていない画素にも隣接する画素有する色成分の色情報に平滑化を行い、該時点で選択した画素が該特定のグループに分類されない場合、該画素に隣接する画素のうち、既に平滑化を行った画素有する色成分の色情報を元の状態に復元することを特徴とする。

【0022】請求項11に記載の画像処理装置は、請求項3、請求項4、請求項5、請求項6の何れか1項に記載の画像処理装置において、前記平滑化手段は、前記分類手段で前記特定のグループに分類された複数の画素に隣接する画素有する色成分の色情報に平滑化を行うことを特徴とする。請求項12に記載の画像処理装置は、請求項3ないし請求項11の何れか1項に記載の画像処理装置において、前記平滑化手段は、前記類似度算出手段で少なくとも2つの異なる方向に対して算出された類似度が同程度となる特徴を示すグループを、前記特定のグループとすることを特徴とする。

【0023】請求項13に記載の画像処理装置は、請求項12に記載の画像処理装置において、前記平滑化手段は、前記類似度算出手段で少なくとも2つの異なる方向に対して算出された類似度の差異が所定の閾値よりも小さい場合、該少なくとも2つの異なる方向に対する類似度が同程度であると判断することを特徴とする。請求項14に記載の画像処理プログラムを記録した記録媒体は、複数の画素で構成され、少なくとも1つの色成分を含む画像データに対する平滑化をコンピュータで実現させるための画像処理プログラムを記録した記録媒体において、画像データを構成する複数の画素のうち、着目する画素を示す着目画素と、該着目画素の周辺に位置する画素との相関に応じて、該着目画素の少なくとも1つの色成分に対し、選択的に平滑化を行う平滑化手順をコンピュータで実現させることを特徴とする。

【0024】請求項15に記載の画像処理プログラムを記録した記録媒体は、複数の画素で構成され、少なくとも1つの色成分を含む画像データに対する平滑化をコンピュータで実現させるための画像処理プログラムを記録した記録媒体において、画像データを構成する複数の画素のうち、着目する画素と、該画素の周辺に位置する画素との類似度を算出する類似度算出手順と、前記類似度算出手順で類似度が算出された画素の各々を、該類似度の特徴が異なる複数のグループの何れかに分類する分類手順と、前記複数のグループのうち、特定のグループに分類された画素と、該画素の近傍に位置する画素とから選択した画素の少なくとも1つの色成分の色情報に平滑化を行う平滑化手順とをコンピュータで実現させることを特徴とする画像処理プログラムを記録した記録媒体。

【0025】請求項16に記載の画像処理プログラムを記録した記録媒体は、複数の画素で構成され、少なくとも1つの色成分を含む画像データに対する平滑化をコンピュータで実現させるための画像処理プログラムを記録した記録媒体において、画像データを構成する複数の画素のうち、所定の周期で配置された画素に欠落する色成分の色情報を補間する補間手順と、前記補間手順で補間の対象となる画素毎に、少なくとも2つの異なる方向に対する類似度を算出する類似度算出手順と、前記類似度算出手順で類似度が算出された画素の各々を、該類似度の特徴が異なる複数のグループの何れかに分類する分類手順と、前記複数のグループのうち、特定のグループに分類された画素に隣接する画素から選択した画素有する色成分の色情報に平滑化を行う平滑化手順とをコンピュータで実現させることを特徴とする。

【0026】

【発明の実施の形態】以下、図面に基づいて、本発明の実施形態について詳細を説明する。ただし、第1の実施形態ないし第3の実施形態では、本発明の画像処理装置が行う画像処理の機能を備えた電子カメラを用いて説明を行う。図1は、第1の実施形態ないし第3の実施形態

に対応する電子カメラの機能ブロック図である。

【0027】図1において、電子カメラ1は、A/D変換部10、画像処理部（例えば、画像処理専用の1チップ・マイクロプロセッサ）11、制御部12、メモリ13、圧縮／伸長部14、表示画像生成部15を備えていると共に、メモリカード（カード状のリムーバブルメモリ）16とのインタフェースをとるメモリカード用インタフェース部17および所定のケーブルや無線伝送路を介してPC（パーソナルコンピュータ）18等の外部装置とのインタフェースをとる外部インタフェース部19を備えており、これらはバスを介して相互に接続される。

【0028】また、電子カメラ1は、撮影光学系20、撮像素子21、アナログ信号処理部22、タイミング制御部23を備えており、撮像素子21には撮影光学系20を介して光学像が結像し、撮像素子21の出力は、アナログ信号処理部22に接続され、アナログ信号処理部22の出力は、A/D変換部10に接続され、タイミング制御部23には制御部12の出力が接続され、タイミング制御部23の出力は、撮像素子21、アナログ信号処理部22、A/D変換部10、画像処理部11に接続される。

【0029】さらに、電子カメラ1は、リリースボタンやモード切り換え用の選択ボタン等に相当する操作部24およびモニタ25を備えており、操作部24の出力は制御部12に接続され、モニタ25には表示画像生成部15の出力が接続される。なお、PC18には、ディスプレイ26やプリンタ27等が接続されており、CD-ROM28に記録されたアプリケーションプログラムが予めインストールされているものとする。また、PC18は、不図示のCPU、メモリ、ハードディスクの他に、メモリカード16とのインタフェースをとるメモリカード用インタフェース部（図示省略）や所定のケーブルや無線伝送路を介して電子カメラ1等の外部装置とのインタフェースをとる外部インタフェース部（図示省略）を備えている。

【0030】図1のような構成の電子カメラ1において、操作部24を介し、操作者によって撮影モードが選択されてリリースボタンが押されると、制御部12は、タイミング制御部23を介して、撮像素子21、アナログ信号処理部22、A/D変換部10に対するタイミング制御を行う。撮像素子21は、光学像に対応する画像信号を生成し、その画像信号は、アナログ信号処理部22で所定の信号処理が行われ、A/D変換部10でデジタル化され、画像データとして、画像処理部11に供給される。画像処理部11は、画像データに対し、後述する補間処理や平滑化処理を行う他に、 γ 補正や輪郭強調の画像処理を行う。画像処理が完了した画像データは、必要に応じて、圧縮／伸長部14で所定の圧縮処理が施され、メモリカード用インタフェース部17を介し

てメモリカード16に記録される。

【0031】なお、画像処理が完了した画像データは、圧縮処理を施さずにメモリカード16に記録したり、PC18側のディスプレイ26やプリンタ27で採用されている表色系に変換して、外部インタフェース部19を介してPC18に供給しても良い。また、操作部24を介し、操作者によって再生モードが選択されると、メモリカード16に記録されている画像データは、メモリカード用インタフェース部17を介して読み出されて圧縮／伸長部12で伸長処理が施され、表示画像作成部15を介してモニタ25に表示される。

【0032】なお、伸長処理が施された画像データは、モニタ25に表示せず、PC18側のディスプレイ26やプリンタ27で採用されている表色系に変換して、外部インタフェース部19を介してPC18に供給しても良い。

【0033】図2は、第1の実施形態および第2の実施形態における画像データの色成分の配列を示す図である。なお、図2では、R、G、Bを用いて色成分の種類を示し、座標[X,Y]の値を用いて各々の色成分が存在する画素の位置を示している。仮に、補間処理の対象となる補間対象画素の座標を[i,j]とすると、図2は、補間対象画素を中心とする7×7の画素の配列を示していることになる。また、図2(1)は、赤色成分が存在する画素を補間対象画素とした場合の配列を示し、図2

(2)は、青色成分が存在する画素を補間対象画素とした場合の配列を示す。

【0034】ところで、第1の実施形態および第2の実施形態において、画像処理部11は、緑色成分が欠落する画素に緑の補間値を補う補間処理（以下、「G補間処理」と称する。）を行うと共に、緑色成分が欠落する画素の周辺に位置する周辺画素の平滑化処理を行い、その後、赤色成分や青色成分が欠落する画素に赤の補間値や青の補間値を補う補間処理を行う。ただし、青の補間値や赤の補間値を補う補間処理は、従来と同様に行えるため、説明を省略する。

【0035】また、第1の実施形態および第2の実施形態では、説明を簡単にするため、G補間処理における補間対象画素の座標を[i,j]とすると共に、補間対象画素の色成分の種類（赤または青）に関係なく、緑の補間値を算出することができるため、図2のRおよびBをZに置き換えて、補間対象画素の色情報をZ[i,j]によって表現し、他の画素の色情報についても同様に表現する。

【0036】さらに、第1の実施形態ないし第3の実施形態では、G補間処理や平滑化処理の結果をG'[X,Y]に設定するが、G'[X,Y]のうち、緑色成分の色成分が存在する画素に対応するものについては、初期値として、緑色成分の色成分G[X,Y]が設定されているものとする。

《第1の実施形態》図3は、第1の実施形態における画像処理部11の動作フローチャートであるが、画像処理

部 11 の動作のうち、G 補間処理および平滑化処理の動作を示している。

【0037】以下、第 1 の実施形態の動作を説明するが、ここでは、図 3 を参照して画像処理部 11 による G 補間処理および平滑化処理の動作を説明し、他の動作の説明は省略する。なお、第 1 の実施形態は、請求項 1、請求項 2、請求項 5 ないし請求項 10、請求項 12、請求項 13 に対応する。まず、画像処理部 11 は、緑色成分が欠落する全ての画素に対し、縦方向および横方向の類似度を算出して、縦方向および横方向の類似性（以下、「縦横類似性」と称する。）を示す指標 HV を設定すると共に、斜め方向の類似度を算出して、斜め方向の類似性（以下、「斜め類似性」と称する。）を示す指標 DN を設定する（図 3 S1）。

【0038】ただし、第 1 の実施形態では、横方向よりも縦方向の類似性が高い画素に対しては指標 HV[i,j] に 1 を設定し、縦方向よりも横方向の類似性が高い画素に *

縦方向の GG 間類似度成分: $Cv1[i,j] = |G[i,j-1] - G[i,j+1]| \cdots$ 式 10

横方向の GG 間類似度成分: $Ch1[i,j] = |G[i-1,j] - G[i+1,j]| \cdots$ 式 11

縦方向の BB(RR) 間類似度成分:

$Cv2[i,j] = (|Z[i-1,j-1] - Z[i-1,j+1]| + |Z[i+1,j-1] - Z[i+1,j+1]|) / 2 \cdots$ 式 12

横方向の BB(RR) 間類似度成分:

$Ch2[i,j] = (|Z[i-1,j-1] - Z[i+1,j-1]| + |Z[i-1,j+1] - Z[i+1,j+1]|) / 2 \cdots$ 式 13

縦方向の RR(BB) 間類似度成分:

$Cv3[i,j] = (|Z[i,j-2] - Z[i,j]| + |Z[i,j+2] - Z[i,j]|) / 2 \cdots$ 式 14

横方向の RR(BB) 間類似度成分:

$Ch3[i,j] = (|Z[i-2,j] - Z[i,j]| + |Z[i+2,j] - Z[i,j]|) / 2 \cdots$ 式 15

縦方向の QR(QB) 間類似度成分:

$Cv4[i,j] = (|G[i,j-1] - Z[i,j]| + |G[i,j+1] - Z[i,j]|) / 2 \cdots$ 式 16

横方向の QR(QB) 間類似度成分:

$Ch4[i,j] = (|G[i-1,j] - Z[i,j]| + |G[i+1,j] - Z[i,j]|) / 2 \cdots$ 式 17

縦方向の BG(RC) 間類似度成分:

$Cv5[i,j] = (|Z[i-1,j-1] - G[i-1,j]| + |Z[i-1,j+1] - G[i-1,j]| + |Z[i+1,j-1] - G[i+1,j]| + |Z[i+1,j+1] - G[i+1,j]|) / 4 \cdots$ 式 18

横方向の BG(RC) 間類似度成分:

$Ch5[i,j] = (|Z[i-1,j-1] - G[i,j-1]| + |Z[i-1,j+1] - G[i,j+1]| + |Z[i+1,j-1] - G[i,j-1]| + |Z[i+1,j+1] - G[i,j+1]|) / 4 \cdots$ 式 19

縦方向の輝度間類似度成分:

$Cv6[i,j] = (|Y[i,j-1] - Y[i,j]| + |Y[i,j+1] - Y[i,j]|) / 2 \cdots$ 式 20

横方向の輝度間類似度成分:

$Ch6[i,j] = (|Y[i-1,j] - Y[i,j]| + |Y[i+1,j] - Y[i,j]|) / 2 \cdots$ 式 21

ただし、式 20 および式 21 において、 $Y[i,j]$ は、

$Y[i,j] = (4 \cdot A[i,j] + 2 \cdot (A[i,j-1] + A[i,j+1] + A[i-1,j] + A[i+1,j]) + A[i-1,j-1] + A[i-1,j+1] + A[i+1,j-1] + A[i+1,j+1]) / 16 \cdots$ 式 22

によって算出される値であり、周辺画素の色成分の色情報を R:G:B=1:2:1 の比で平均化するフィルタリング処理で生成される輝度に相当する。なお、 $A[i,j]$ は、ペイア配列上の任意の色情報を表し、配置場所に応じて G または Z の値をとる。

【0041】ところで、上述した式 16 ないし式 19 に

* 対しては指標 HV[i,j] に -1 を設定し、縦横間で類似性に区別がつかない画素に対しては指標 HV に 0 を設定するものとする。また、斜め 135 度方向よりも斜め 45 度方向の類似性が高い画素に対しては指標 DN[i,j] に 1 を設定し、斜め 45 度方向よりも斜め 135 度方向の類似性が高い画素に対しては指標 DN[i,j] に -1 を設定し、斜め方向間で類似性に区別がつかない画素に対しては指標 DN[i,j] に 0 を設定するものとする。

【0039】例えば、緑色成分が欠落する全ての画素に対し、指標 HV と指標 DN とを設定する処理は、 $[i,j]$ に緑色成分が欠落する画素の座標を順次設定して、以下に示す処理を繰り返し行うことによって実現できる。まず、画像処理部 11 は、以下の式 10 ~ 式 21 によって定義される縦方向および横方向に対する複数種類の類似度成分を算出する。

【0040】

において、絶対値でくくられる項は、隣接する 2 つの画素の色情報で構成されており、一般的な類似度の算出に用いられるラプラシアン の 2 次式と異なり、隣接する 2 つの画素間の傾斜を示している。そのため、式 16 ないし式 19 によって算出される類似度成分には、一画素ピッチで変化するチェックパターンのような微細構造におけ

る類似性の判定を可能にする機能が備わっていることとなる。

【0042】ただし、このような類似度成分は、色の違いを無視して算出されるので、取り扱いが非常に難しく、取り扱い方によっては、類似性の強弱を誤判定させるおそれがある。そこで、以下では、高精度で類似性の判定が行える類似度を算出するために、式16ないし式19によって算出される類似度成分（異色の色情報を用いた類似度成分）と、式10ないし式15によって算出*

$$Cv0[i,j]=(a1\cdot Cv1[i,j]+a2\cdot Cv2[i,j]+a3\cdot Cv3[i,j]+a4\cdot Cv4[i,j]+a5\cdot Cv5[i,j]+a6\cdot Cv6[i,j])/(a1+a2+a3+a4+a5+a6) \cdots \text{式} 2\ 3$$

$$Ch0[i,j]=(a1\cdot Ch1[i,j]+a2\cdot Ch2[i,j]+a3\cdot Ch3[i,j]+a4\cdot Ch4[i,j]+a5\cdot Ch5[i,j]+a6\cdot Ch6[i,j])/(a1+a2+a3+a4+a5+a6) \cdots \text{式} 2\ 4$$

なお、式23および式24において、加重係数a1,a2,a3,a4,a5,a6の比率としては、例えば、「a1:a2:a3:a4:a5:a6=2:1:1:4:4:12」などが考えられる。

【0044】ところで、式23および式24で算出したCv0[i,j]およびCh0[i,j]は、そのまま、緑色成分が欠落する画素の縦方向の類似度および横方向の類似度とすることができるが、ここでは、縦方向および横方向に対する複数種類の類似度成分の算出および加重加算を、緑色成分が欠落する画素に対してだけでなく、周辺画素に対しても行い、このような加重加算によって得られた値を※

《方法1》

$$Cv[i,j]=(4\cdot Cv0[i,j]+Cv0[i-1,j-1]+Cv0[i-1,j+1]+Cv0[i+1,j-1]+Cv0[i+1,j+1])/8 \cdots \text{式} 2\ 5$$

$$Ch[i,j]=(4\cdot Ch0[i,j]+Ch0[i-1,j-1]+Ch0[i-1,j+1]+Ch0[i+1,j-1]+Ch0[i+1,j+1])/8 \cdots \text{式} 2\ 6$$

《方法2》

$$Cv[i,j]=(4\cdot Cv0[i,j]+2\cdot (Cv0[i-1,j-1]+Cv0[i+1,j-1]+Cv0[i-1,j+1]+Cv0[i+1,j+1]+Cv0[i,j-2]+Cv0[i,j+2]+Cv0[i-2,j]+Cv0[i+2,j])/16) \cdots \text{式} 2\ 7$$

$$Ch[i,j]=(4\cdot Ch0[i,j]+2\cdot (Ch0[i-1,j-1]+Ch0[i+1,j-1]+Ch0[i-1,j+1]+Ch0[i+1,j+1]+Ch0[i,j-2]+Ch0[i,j+2]+Ch0[i-2,j]+Ch0[i+2,j])/16) \cdots \text{式} 2\ 8$$

ここで、《方法1》は、図4(1)に示すようにして緑色成分が欠落する画素と周辺画素とにおける類似度成分の加重加算を行うことに相当し、《方法2》は、図4(2)に示すようにして緑色成分が欠落する画素と周辺画素とにおける類似度成分の加重加算を行うことに相当する。

【0047】そのため、縦方向の類似度Cv[i,j]および横方向の類似度Ch[i,j]は、補間対象画素と補間対象画素の近傍に位置する画素とにおける色情報の連続性が反映され易い。特に、《方法2》によって算出される縦方向の類似度Cv[i,j]および横方向の類似度Ch[i,j]は、広範囲に位置する画素の色成分の色情報が反映されるため、例えば、倍率色収差が大きい画像に対する類似性の判定に有効である。

【0048】なお、縦方向の類似度Cv[i,j]および横方

*される類似度成分（同色の色情報を用いた類似度成分）と、式20および式21によって算出される類似度成分（輝度を用いた類似度成分）とを加重加算することにする。

【0043】すなわち、画像処理部11は、以下の式23および式24に示すようにして、加重係数a1,a2,a3,a4,a5,a6によって、複数種類の類似度成分を各々の方向毎に加重加算する。

※方向別に加重加算して、縦方向の類似度および横方向の類似度を算出する例を示す。

【0045】すなわち、画像処理部11は、緑色成分が欠落する画素と周辺画素とにおける類似度成分の加重加算の結果（Cv0[i,j]、Cv0[i-1,j-1]、Cv0[i-1,j+1]、Cv0[i+1,j-1]、Cv0[i+1,j+1]など）を、以下の《方法1》または《方法2》のように加重加算して、緑色成分が欠落する画素の縦方向の類似度Cv[i,j]および横方向の類似度Ch[i,j]を算出する。

【0046】

向の類似度Ch[i,j]は、値が小さい程、類似性が強いことを示す。画像処理部11は、以上説明したようにして縦方向の類似度Cv[i,j]および横方向の類似度Ch[i,j]を算出すると、任意の閾値T1について、

40 $|Cv[i,j]-Ch[i,j]|>T1$ かつ $Cv[i,j]<Ch[i,j]$ が成り立つ場合、横方向よりも縦方向の類似性が強いと判定して指標HV[i,j]に1を設定し、
 $|Cv[i,j]-Ch[i,j]|>T1$ かつ $Cv[i,j]>Ch[i,j]$ が成り立つ場合、縦方向よりも横方向の類似性が強いと判定して指標HV[i,j]に-1を設定し、
 $|Cv[i,j]-Ch[i,j]|\leq T1$

が成り立つ場合、縦横間で類似性に区別がつかないと判定して指標HV[i,j]に0を設定する。ここで、縦横間で類似性に区別がつかないとは、縦方向と横方向とに対する類似性が強い、または、縦方向と横方向とに対する類

似性が弱い、または、縦方向と横方向とに対する類似性が均等であることに相当し、平坦部または孤立輝点または高密度のチェックパターンである可能性が高いことを意味する。

【0049】なお、閾値 T_1 は、縦方向の類似度 $Cv[i,j]$ と横方向の類似度 $Ch[i,j]$ との差異が微少である場合、ノイズの影響によって一方の類似性が強いと誤判定され*

斜め45度方向のGG間類似度成分：

$$C45_1[i,j] = (|G[i,j-1] - G[i-1,j]| + |G[i+1,j] - G[i,j+1]|) / 2 \quad \cdots \text{式29}$$

斜め135度方向のGG間類似度成分：

$$C135_1[i,j] = (|G[i,j-1] - G[i+1,j]| + |G[i-1,j] - G[i,j+1]|) / 2 \quad \cdots \text{式30}$$

斜め45度方向のBB(RR)間類似度成分：

$$C45_2[i,j] = |Z[i+1,j-1] - Z[i-1,j+1]| \quad \cdots \text{式31}$$

斜め135度方向のBB(RR)間類似度成分：

$$C135_2[i,j] = |Z[i-1,j-1] - Z[i+1,j+1]| \quad \cdots \text{式32}$$

斜め45度方向のRR(BB)間類似度成分：

$$C45_3[i,j] = (|Z[i+2,j-2] - Z[i,j]| + |Z[i-2,j+2] - Z[i,j]|) / 2 \quad \cdots \text{式33}$$

斜め135度方向のRR(BB)間類似度成分：

$$C135_3[i,j] = (|Z[i-2,j-2] - Z[i,j]| + |Z[i+2,j+2] - Z[i,j]|) / 2 \quad \cdots \text{式34}$$

斜め45度方向のBR(RB)間類似度成分：

$$C45_4[i,j] = (|Z[i+1,j-1] - Z[i,j]| + |Z[i-1,j+1] - Z[i,j]|) / 2 \quad \cdots \text{式35}$$

斜め135度方向のBR(RB)間類似度成分：

$$C135_4[i,j] = (|Z[i-1,j-1] - Z[i,j]| + |Z[i+1,j+1] - Z[i,j]|) / 2 \quad \cdots \text{式36}$$

次に、画像処理部11は、以下の式37および式38の ※ 似度成分を各々の方向毎に加重加算する。

ように、加重係数 b_1, b_2, b_3, b_4 によって、複数種類の類 ※ 【0051】

$$C45_0[i,j] = (b_1 \cdot C45_1[i,j] + b_2 \cdot C45_2[i,j] + b_3 \cdot C45_3[i,j] + b_4 \cdot C45_4[i,j]) / (b_1 + b_2 + b_3 + b_4) \quad \cdots \text{式37}$$

$$C135_0[i,j] = (b_1 \cdot C135_1[i,j] + b_2 \cdot C135_2[i,j] + b_3 \cdot C135_3[i,j] + b_4 \cdot C135_4[i,j]) / (b_1 + b_2 + b_3 + b_4) \quad \cdots \text{式38}$$

なお、式37および式38において、加重係数 b_1, b_2, b_3, b_4 の比率としては、例えば、「 $b_1:b_2:b_3:b_4=2:1:1:2$ 」などが考えられる。

【0052】また、斜め45度方向および斜め135度方向に対する複数種類の類似度成分の算出および加重加算は、前述した縦方向および横方向に対する複数種類の類似度成分と同様に、緑色成分が欠落する画素に対してだけでなく周辺画素に対しても行う。画像処理部11は、緑色成分が欠落する画素と周辺画素とにおける類似度成分★

《方法1》

$$C45[i,j] = (4 \cdot C45_0[i,j] + C45_0[i-1,j-1] + C45_0[i+1,j-1] + C45_0[i-1,j+1] + C45_0[i+1,j+1]) / 8 \quad \cdots \text{式39}$$

$$C135[i,j] = (4 \cdot C135_0[i,j] + C135_0[i-1,j-1] + C135_0[i+1,j-1] + C135_0[i-1,j+1] + C135_0[i+1,j+1]) / 8 \quad \cdots \text{式40}$$

《方法2》

$$C45[i,j] = (4 \cdot C45_0[i,j] + 2 \cdot (C45_0[i-1,j-1] + C45_0[i+1,j-1] + C45_0[i-1,j+1] + C45_0[i+1,j+1]) + C45_0[i,j-2] + C45_0[i,j+2] + C45_0[i-2,j] + C45_0[i+2,j]) / 16 \quad \cdots \text{式41}$$

$$C135[i,j] = (4 \cdot C135_0[i,j] + 2 \cdot (C135_0[i-1,j-1] + C135_0[i+1,j-1] + C135_0[i-1,j+1] + C135_0[i+1,j+1]) + C135_0[i,j-2] + C135_0[i,j+2] + C135_0[i-2,j] + C135_0[i+2,j]) / 16 \quad \cdots \text{式42}$$

＊ ることを避ける役割を果たす。そのため、閾値 T_1 の値を高く設定することによって、ノイズの多い画像に対し、縦横類似性の判定の精度を高めることができる。次に、画像処理部11は、以下の式29～式36によって定義される斜め45度方向および斜め135度方向に対する複数種類の類似度成分を算出する。

【0050】

30★ 分の加重加算の結果 ($C45_0[i,j]$ 、 $C45_0[i-1,j-1]$ 、 $C45_0[i-1,j+1]$ 、 $C45_0[i+1,j-1]$ 、 $C45_0[i+1,j+1]$ など) を、以下の《方法1》または《方法2》のように加重加算して、緑色成分が欠落する画素の斜め45度方向の類似度 $Cv[i,j]$ および斜め135度方向の類似度 $Ch[i,j]$ を算出する(図4(1)、(2)に示すように緑色成分が欠落する画素と周辺画素とにおける類似度成分の加重加算を行うことに相当する)。

【0053】

なお、このようにして算出される斜め45度方向の類似度 $C45[i,j]$ および斜め135度方向の類似度 $C135[i,j]$ において、複数種類の類似度成分や周辺画素との加重加算は、前述した縦方向の類似度 $Cv[i,j]$ および横方向の類似度 $Ch[i,j]$ と同様の役割を果たす。また、第1の実施形態において、斜め45度方向の類似度 $C45[i,j]$ および斜め135度方向の類似度 $C135[i,j]$ は、値が小さい程、類似性が強いことを示す。

【0054】画像処理部11は、以上説明したようにして斜め45度方向の類似度 $C45[i,j]$ および斜め135度方向の類似度 $C135[i,j]$ を算出すると、任意の閾値 $T2$ について、

$|C45[i,j]-C135[i,j]| > T2$ かつ $C45[i,j] < C135[i,j]$

が成り立つ場合、斜め135度方向よりも斜め45度方向の類似性が強いと判定して指標 $DN[i,j]$ に1を設定し、

$|C45[i,j]-C135[i,j]| > T2$ かつ $C45[i,j] > C135[i,j]$

が成り立つ場合、斜め45度方向よりも斜め135度方向の類似性が強いと判定して指標 $DN[i,j]$ に-1を設定し、

$|C45[i,j]-C135[i,j]| \leq T2$

が成り立つ場合、斜め方向間で類似性に区別がつかないと判定して指標 $DN[i,j]$ に0を設定する。ここで、斜め方向間で類似性に区別がつかないとは、斜め方向に対する類似性が強い、または、斜め方向に対する類似性が弱い、または、斜め方向に対する類似性が均等であることに相当し、平坦部または孤立輝点または高密度のチェックパターンである可能性が高いことを意味する。

【0055】なお、閾値 $T2$ は、前述した閾値 $T1$ と同様に、ノイズの影響によって一方の類似性が強いと誤判定されることを避ける役割を果たす。以上説明したようにして、緑色成分が欠落する画素毎に、縦横類似性を示す指標 HV と斜め類似性を示す指標 DN とを設定すると、画像処理部11は、 G 補間処理を行うべき画素の座標を $[i,j]$ に設定する(図3S2)。

【0056】なお、図3S2の処理は繰り返し行われるが、このような繰り返しの過程において、 $[i,j]$ には、画像の左上から右下に至るまでの画素のうち、緑色成分が欠落する画素の座標が順次設定されるものとする。次に、画像処理部11は、縦横類似性を示す指標 $HV[i,j]$ * 40

$$\begin{aligned} Gv[i,j] &= (G[i,j-1] + G[i,j+1])/2 \\ &\quad + (2 \cdot Z[i,j] - Z[i,j-2] - Z[i,j+2])/8 \\ &\quad + (2 \cdot G[i-1,j] - G[i-1,j-2] - G[i-1,j+2] \\ &\quad + 2 \cdot G[i+1,j] - G[i+1,j-2] - G[i+1,j+2])/16 \cdots \text{式4 3} \\ Gv45[i,j] &= (G[i,j-1] + G[i,j+1])/2 \\ &\quad + (2 \cdot Z[i,j] - Z[i,j-2] - Z[i,j+2])/8 \\ &\quad + (2 \cdot Z[i-1,j+1] - Z[i-1,j-1] - Z[i-1,j+3] \\ &\quad + 2 \cdot Z[i+1,j-1] - Z[i+1,j-3] - Z[i+1,j+1])/16 \cdots \text{式4 4} \\ Gv135[i,j] &= (G[i,j-1] + G[i,j+1])/2 \\ &\quad + (2 \cdot Z[i,j] - Z[i,j-2] - Z[i,j+2])/8 \end{aligned}$$

* の値と斜め類似性を示す指標 $DN[i,j]$ の値との組み合わせに応じて、緑の補間値を算出して $G'[i,j]$ に設定する(図3S3)。

【0057】例えば、画像処理部11は、座標 $[i,j]$ に位置する画素を、縦横類似性を示す指標 $HV[i,j]$ の値と斜め類似性を示す指標 $DN[i,j]$ の値との組み合わせに応じて、以下のcase1~case9の何れかに分類する。

case1: $(HV[i,j], DN[i,j]) = (1, 1)$: 縦および斜め45度方向の類似性が強い。

10 case2: $(HV[i,j], DN[i,j]) = (1, 0)$: 縦方向の類似性が強い。

【0058】case3: $(HV[i,j], DN[i,j]) = (1, -1)$: 縦および斜め135度方向の類似性が強い。

case4: $(HV[i,j], DN[i,j]) = (0, 1)$: 斜め45度方向の類似性が強い。

case5: $(HV[i,j], DN[i,j]) = (0, 0)$: 全ての方向の類似性が強い、または、全ての方向の類似性が弱い、または、全ての方向の類似性が均等。

20 case6: $(HV[i,j], DN[i,j]) = (0, -1)$: 斜め135度方向の類似性が強い。

【0059】case7: $(HV[i,j], DN[i,j]) = (-1, 1)$: 横および斜め45度方向の類似性が強い。

case8: $(HV[i,j], DN[i,j]) = (-1, 0)$: 横方向の類似性が強い。

case9: $(HV[i,j], DN[i,j]) = (-1, -1)$: 横および斜め135度方向の類似性が強い。

そして、画像処理部11は、前述した分類に応じて、以下のようにして算出される値を、緑の補間値として $G'[i,j]$ に設定する。

30 【0060】case1のとき、 $G'[i,j] = Gv45[i,j]$

case2のとき、 $G'[i,j] = Gv[i,j]$

case3のとき、 $G'[i,j] = Gv135[i,j]$

case4のとき、 $G'[i,j] = (Gv45[i,j] + Gh45[i,j])/2$

case5のとき、 $G'[i,j] = (Gv[i,j] + Gh[i,j])/2$

case6のとき、 $G'[i,j] = (Gv135[i,j] + Gh135[i,j])/2$

case7のとき、 $G'[i,j] = Gh45[i,j]$

case8のとき、 $G'[i,j] = Gh[i,j]$

case9のとき、 $G'[i,j] = Gh135[i,j]$

ただし、

$$\begin{aligned}
& + (2 \cdot Z[i-1, j-1] - Z[i-1, j-3] - Z[i-1, j+1] \\
& + 2 \cdot Z[i+1, j+1] - Z[i+1, j-1] - Z[i+1, j+3]) / 16 \cdots \text{式 4 5} \\
Gh[i, j] &= (G[i-1, j] + G[i+1, j]) / 2 \\
& + (2 \cdot Z[i, j] - Z[i-2, j] - Z[i+2, j]) / 8 \\
& + (2 \cdot G[i, j-1] - G[i-2, j-1] - G[i+2, j-1] \\
& + 2 \cdot G[i, j+1] - G[i-2, j+1] - G[i+2, j+1]) / 16 \cdots \text{式 4 6} \\
Gh45[i, j] &= (G[i-1, j] + G[i+1, j]) / 2 \\
& + (2 \cdot Z[i, j] - Z[i-2, j] - Z[i+2, j]) / 8 \\
& + (2 \cdot Z[i+1, j-1] - Z[i-1, j-1] - Z[i+3, j-1] \\
& + 2 \cdot Z[i-1, j+1] - Z[i-3, j+1] - Z[i+1, j+1]) / 16 \cdots \text{式 4 7} \\
Gh135[i, j] &= (G[i-1, j] + G[i+1, j]) / 2 \\
& + (2 \cdot Z[i, j] - Z[i-2, j] - Z[i+2, j]) / 8 \\
& + (2 \cdot Z[i-1, j-1] - Z[i-3, j-1] - Z[i+1, j-1] \\
& + 2 \cdot Z[i+1, j+1] - Z[i-1, j+1] - Z[i+3, j+1]) / 16 \cdots \text{式 4 8}
\end{aligned}$$

である。

【0061】図5は、緑の補間値を算出する際に用いる色情報の位置を示す図である。図5において、丸印が付与された画素の色情報は、緑の補間値を構成する変曲情報に寄与する色情報である。図6は、 $(HV[i, j], DN[i, j])$ の値に対応する類似性の強い方向を示す図である。なお、図6では、「case5: $(HV[i, j], DN[i, j]) = (0, 0)$ 」に対応する表示がされていないが、case5は、全ての方向の類似性が強い(平坦部)、または、全ての方向の類似性が弱い(孤立輝点)、または、全ての方向の類似性が均等(高密度のチェックパターン)であることに相当する。特に、高密度のチェックパターンは、本来の画像に存在せず、視覚的に目立ち、ノイズとして画質を低下させる。

【0062】そこで、第1の実施形態では、以下に示すように、case5に分類された画素の周辺画素に平滑化処

* 理を行うことによって、高密度のチェックパターンを除去する。まず、画像処理部11は、座標 $[i, j]$ に位置する画素(補間値を算出した画素)の縦横類似性を示す指標 $HV[i, j]$ の値と斜め類似性を示す指標 $DN[i, j]$ の値とが、共に0であるか否か(座標 $[i, j]$ に位置する画素がcase5に分類されたか否か)を判定する(図3S4)。

【0063】そして、画像処理部11は、指標 $HV[i, j]$ と指標 $DN[i, j]$ との値が共に0である場合(座標 $[i, j]$ に位置する画素がcase5に分類される場合)、座標 $[i+1, j]$ に位置する画素(補間値を算出した画素の右方向に隣接する画素)の平滑化処理の結果として、 $G'[i+1, j]$ を式49によって算出し、座標 $[i, j+1]$ に位置する画素(補間値を算出した画素の下方向に隣接する画素)の平滑化処理の結果として、 $G'[i, j+1]$ を式50によって算出する(図3S5)。

$$G'[i+1, j] = (k1 \cdot G[i, j-1] + k2 \cdot G[i+1, j] + k3 \cdot G[i, j+1]) / (k1 + k2 + k3) \cdots \text{式 4 9}$$

$$G'[i, j+1] = (k4 \cdot G[i-1, j] + k5 \cdot G[i, j+1] + k6 \cdot G[i+1, j]) / (k4 + k5 + k6) \cdots \text{式 5 0}$$

ここで、式49に示す演算は、座標 $[i+1, j]$ に位置する画素の緑色成分の色情報を、座標 $[i, j-1]$ 、 $[i+1, j]$ 、 $[i, j+1]$ に位置する画素の緑色成分の色情報を加重加算した値に置き換えることに相当する。

【0065】また、式50に示す演算は、座標 $[i, j+1]$ に位置する画素の緑色成分の色情報を、座標 $[i-1, j]$ 、 $[i, j+1]$ 、 $[i+1, j]$ に位置する画素の緑色成分の色情報を加重加算した値に置き換えることに相当する。なお、式49および式50では、 $k1 \sim k6$ の値を変えることによって、平滑化の程度を変えることができるが、例えば、 $k1 \sim k6$ の値を「 $k1=k3=k4=k6=1$ 、 $k2=k5=2$ 」に設定することは、完全に平滑化することを意味する。また、平滑化を弱くする場合には、例えば、 $k1 \sim k6$ の値を「 $k1=k3=k4=k6=1$ 、 $k2=k5=6$ 」に設定すれば良い。

【0066】ところで、case5に分類されない画素の周辺に位置する画素では、平滑化処理の結果として、式49や式50のように算出される値を設定する必要はなく、緑色成分の色情報を、そのまま設定すれば良い。し

かし、case5に分類されない画素の上方向に隣接する画素と左方向に隣接する画素とには、先行する処理において、式49や式50のようにして算出される値が、平滑化処理の結果として設定されている可能性がある。

【0067】そこで、画像処理部11は、指標 $HV[i, j]$ と指標 $DN[i, j]$ との少なくとも1つの値が0でない場合(座標 $[i, j]$ に位置する画素がcase5に分類されない場合)、座標 $[i, j-1]$ に位置する画素(座標 $[i, j]$ に位置する画素の上方向に隣接する画素)に対する平滑化処理の結果を示す値 $G'[i, j-1]$ と、座標 $[i-1, j]$ に位置する画素(座標 $[i, j]$ に位置する画素の左方向に隣接する画素)に対する平滑化処理の結果を示す値 $G'[i-1, j]$ とを、以下の式51および式52のように、元の緑色成分の色情報に戻す(図3S6)。

【0068】

$$G'[i, j-1] = G[i, j-1] \cdots \text{式 5 1}$$

$$G'[i-1, j] = G[i-1, j] \cdots \text{式 5 2}$$

次に、画像処理部11は、G補間処理の対象となる全て

の画素の座標が $[i,j]$ に設定されたか否かを判定し(図3S7)、G補間処理の対象となる画素のうち、 $[i,j]$ に座標が設定されていない画素が存在する場合、図3S2以降の処理を繰り返す。

【0069】したがって、第1の実施形態では、緑の補間値と平滑化処理の結果を示す値とが、 $G'[i,j]$ に設定されることになる。すなわち、補間処理と平滑化処理とが並行して行われることになる。以上説明したように、第1の実施形態では、緑色成分の色情報が欠落する画素が、case5に分類される場合、その画素の右方向に隣接する画素と下方向に隣接する画素との平滑化処理の結果を示す値として、局所領域内の緑色成分の色情報を加重加算した値を設定し、緑色成分の色情報が欠落する画素が、case5に分類されない場合、その画素の上方向に隣接する画素と左方向に隣接する画素との平滑化処理の結果を示す値として、元の緑色成分の色情報を設定する。

【0070】したがって、第1の実施形態では、平坦な領域、または、孤立輝点を示す領域、または、高密度のチェックパターンを示す領域が平滑化されるので、平滑化によって画像本来の構造が損なわれることがない。なお、第1の実施形態では、縦横類似性を示す指標HVと斜め類似性を示す指標DNとの設定を、緑色成分が欠落する全ての画素に対して予め行ってから、緑の補間値の算出と平滑化処理とを行っているが、指標HVおよび指標DNの設定は、各補間対象画素の緑の補間値を算出する直前に随時行われても良い。

【0071】また、第1の実施形態では、平滑化処理の結果を示す値として、case5に分類された画素に隣接する画素(ただし、第1の実施形態では、右方向に隣接する画素と下方向に隣接する画素に限られる)に、局所領域内の緑色成分の色情報を加重加算した値を設定し、case5に分類されない画素に隣接する画素(ただし、第1の実施形態では、上方向に隣接する画素と左方向に隣接する画素に限られる)に、元の緑色成分の色情報を設定することによって、平滑化処理を実現しているが、このような平滑化処理は、図7のようにして実現することもできる。

【0072】すなわち、図7において、画像処理部11*
 $(HV[i,j], DN[i,j]) = (0, 0)$ かつ
 が成り立つか否かを判定する(図8S4)。

【0076】そして、条件1が成り立つ場合、補間値を算出した画素の右方向に隣接する画素(座標 $[i+1,j]$)に ※

$$G'[i+1,j] = (k1 \cdot G[i,j-1] + k2 \cdot G[i+1,j] + k3 \cdot G[i,j+1]) / (k1 + k2 + k3) \quad \cdots \text{式49}$$

によって算出する(図8S5)。

【0077】すなわち、画像処理部11は、縦横間で類似性に区別つかない画素に左右が挟まれる画素に対してのみ、平滑化処理の結果として、式49で算出される値を設定することになる。また、画像処理部11は、座★

$$(HV[i,j], DN[i,j]) = (0, 0) \quad \text{かつ} \quad (HV[i,j+2], DN[i,j+2]) = (0, 0) \quad \cdots \text{条件2}$$

が成り立つか否かを判定する(図8S6)。そして、条

*は、 $[i,j]$ にG補間処理の対象となる画素の座標を順次設定し、G補間処理の対象となる画素に緑の補間値の算出を行う(図7S3)と共に、G補間処理の対象となる画素がcase5に分類された場合には(図7S4のYES側)、その画素に隣接する4つの画素の平滑化処理の結果を示す値として、局所領域内の緑色成分の色情報を加重加算した値を設定する(図7S5)。そして、G補間処理の対象となる全ての画素に対して、これらの処理が完了すると、 $[i,j]$ にG補間処理の対象となった画素の座標を順次設定し、G補間処理の対象となった画素がcase5に分類されない場合には(図7S8のNO側)、その画素に隣接する4つの画素の平滑化処理の結果を示す値として、元の緑色成分の色情報を設定する(図7S9)。

【0073】《第2の実施形態》図8は、第2の実施形態における画像処理部11の動作フローチャートであるが、画像処理部11の動作のうち、G補間処理および平滑化処理の動作を示している。以下、第2の実施形態の動作を説明するが、ここでは、図8を参照して画像処理部11によるG補間処理および平滑化処理の動作を説明し、他の動作の説明は省略する。なお、第2の実施形態は、請求項1、請求項2、請求項5ないし請求項8、請求項11ないし請求項13に対応する。

【0074】まず、画像処理部11は、第1の実施形態と同様に、緑色成分が欠落する全ての画素に対し、縦方向および横方向の類似度を算出して、縦横類似性を示す指標HVを設定すると共に、斜め方向の類似度を算出して、斜め類似性を示す指標DNを設定する(図8S1)。次に、画像処理部11は、第1の実施形態と同様に、G補間処理を行うべき画素の座標を $[i,j]$ に設定し(図8S2)、縦横類似性を示す指標HV $[i,j]$ の値と斜め類似性を示す指標DN $[i,j]$ の値との組み合わせに応じて、緑の補間値 $G[i,j]$ を算出する(図8S3)。

【0075】次に、画像処理部11は、座標 $[i,j]$ に位置する画素の縦横類似性を示す指標HV $[i,j]$ および斜め類似性を示す指標DN $[i,j]$ の値と、座標 $[i+2,j]$ に位置する画素の縦横類似性を示す指標HV $[i+2,j]$ および斜め類似性を示す指標DN $[i+2,j]$ の値の値とに、

$$(HV[i+2,j], DN[i+2,j]) = (0, 0) \quad \cdots \text{条件1}$$

40※ 位置する画素)に対する平滑化処理の結果として、 $G'[i+1,j]$ を、

★ 標 $[i,j]$ に位置する画素の縦横類似性を示す指標HV $[i,j]$ および斜め類似性を示す指標DN $[i,j]$ の値と、座標 $[i,j+2]$ に位置する画素の縦横類似性を示す指標HV $[i,j+2]$ および斜め類似性を示す指標DN $[i+2,j]$ の値とに、

$$(HV[i,j+2], DN[i,j+2]) = (0, 0) \quad \cdots \text{条件2}$$

50 条件2が成り立つ場合、補間値を算出した画素の下方向に

隣接する画素（座標 $[i,j+1]$ に位置する画素）に対する * 平滑化処理の結果として、 $G'[i,j+1]$ を、

$$G'[i,j+1]=(k4 \cdot G[i-1,j]+k5 \cdot G[i,j+1]+k6 \cdot G[i+1,j])/(k4+k5+k6) \cdots \text{式50}$$

によって算出する（図8S7）。

【0078】すなわち、画像処理部11は、縦横間で類似性に区別がつかない画素に上下が挟まれる画素に対してのみ、平滑化処理の結果として、式50で算出される値を設定することになる。次に、画像処理部11は、G補間処理の対象となる全ての画素の座標が $[i,j]$ に設定されたか否かを判定し（図8S8）、G補間処理の対象となる画素のうち、 $[i,j]$ に座標が設定されていないが画素が存在する場合、図8S2以降の処理を繰り返し行う。

【0079】すなわち、第2の実施形態では、緑の補間値と平滑化処理の結果を示す値とが、 $G'[i,j]$ に設定されることになる。以上説明したように、第2の実施形態では、緑色成分の色情報が存在する画素のうち、縦横間で類似性に区別がつかない画素に挟まれる画素に対してのみ、平滑化処理の結果を示す値として、局所領域内の緑色成分の色情報を加重加算した値を設定する。 ※

$$(HV[i,j],DN[i,j])=(0,0) \text{ かつ } (HV[i+1,j+1],DN[i+1,j+1])=(0,0) \cdots \text{条件3}$$

また、前述した各実施形態では、緑の補間値が算出される前に設定した縦横類似性を示す指標HVと、斜め類似性を示す指標DNとを用いて、式49や式50の演算を行うか否かの判定（図3S4、図8S4やS6に相当する）を行っているが、このような判定を行う際に用いる指標は、緑の補間値を算出した状態で改めて設定し直しても良い。

【0082】さらに、前述した各実施形態では、縦横類似性を示す指標HVと、斜め類似性を示す指標DNとを用いて、式49や式50の演算を行うか否かの判定（図3S4、図8S4やS6に相当する）を行っているが、このような判定は、縦横類似性を示す指標HVのみを用いても良い。

《第3の実施形態》図9は、第3の実施形態における画像処理部11の動作フローチャートであるが、画像処理部11の動作のうち、平滑化処理の動作を示している。

【0083】なお、第3の実施形態では、平滑化処理の対象となる画像として、予め補間処理が行われ、全ての画素に対して緑色成分の色情報が存在する画像を用いるが、第3の実施形態の平滑化処理は、表色系を交換することによって得られる輝度を示す画像に対して行うこともできる。また、第3の実施形態の平滑化処理は、画像内の全ての画素に対して行っても良いが、第1の実施形★

※【0080】したがって、第2の実施形態では、第1の実施形態と同様に、平坦な領域、または、孤立輝点を示す領域、または、高密度のチェックパターンを示す領域が平滑化されるので、平滑化によって画像本来の構造が損なわれることがない。また、第2の実施形態では、縦横間で類似性に区別がつかない画素に挟まれる画素に対してのみ、平滑化処理の結果として、式49や式50で算出された値が設定されるので、第1の実施形態で必要であって「 $G'[i,j-1]$ と $G'[i-1,j]$ とを元の緑色成分の色情報に戻す処理（図3S6）」が不要となる。

【0081】なお、第2の実施形態では、条件1が成り立つ場合に $G'[i+1,j]$ を式49によって算出し、条件2が成り立つ場合に $G'[i,j+1]$ を式50によって算出しているが、以下の条件3が成り立つ場合、式49および式50によって $G'[i+1,j]$ および $G'[i,j+1]$ を算出しても良い。

★態および第2の実施形態の座標 $[i,j-1]$ に位置する画素のように、緑色成分の色情報が元々存在する画素のみを平滑化処理の対象としても良い。

【0084】以下、第3の実施形態の動作を説明するが、ここでは、図9を参照して画像処理部11による平滑化処理の動作を説明し、他の動作の説明は省略する。なお、第3の実施形態は、請求項1ないし請求項4、請求項12、請求項13に対応する。まず、画像処理部11は、平滑化処理の対象となる画素の座標を $[m,n]$ に設定する（図9S1）。

【0085】なお、図9S1の処理は繰り返し行われるが、このような繰り返しの過程において、 $[m,n]$ には、画像の左上から右下に至るまでの画素のうち、平滑化処理の対象となる画素の座標が順次設定されるものとする。次に、画像処理部11は、座標 $[m,n]$ における縦方向および横方向の類似度を算出して、縦横類似性を示す指標HV $[m,n]$ を設定すると共に、斜め方向の類似度を算出して、斜め類似性を示す指標DN $[m,n]$ を設定する（図9S2）。

【0086】例えば、画像処理部11は、座標 $[m,n]$ における縦方向の類似度Cv $[m,n]$ 、横方向の類似度Ch $[m,n]$ 、斜め45度方向の類似度C45 $[m,n]$ および斜め135度方向の類似度C135 $[m,n]$ を、

$$\begin{aligned} Cv[m,n] = & |G[m,n]-G[m,n-1]|+|G[m,n]-G[m,n+1]| \\ & +|G[m-1,n]-G[m-1,n-1]|+|G[m-1,n]-G[m-1,n+1]| \\ & +|G[m+1,n]-G[m+1,n-1]|+|G[m+1,n]-G[m+1,n+1]| \cdots \text{式53} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} Ch[m,n] = & |G[m,n]-G[m-1,n]|+|G[m,n]-G[m+1,n]| \\ & +|G[m,n-1]-G[m-1,n-1]|+|G[m,n-1]-G[m+1,n-1]| \\ & +|G[m,n+1]-G[m-1,n+1]|+|G[m,n+1]-G[m+1,n+1]| \cdots \text{式54} \end{aligned}$$

$$C45[m,n]=|G[m,n]-G[m-1,n+1]|+|G[m,n]-G[m+1,n-1]|$$

$$\begin{aligned}
 &+|G[m-1,n]-G[m,n-1]|+|G[m,n+1]-G[m+1,n]| \cdots \text{式 5 5} \\
 C135[m,n]=&|G[m,n]-G[m-1,n-1]|+|G[m,n]-G[m+1,n+1]| \\
 &+|G[m-1,n]-G[m,n+1]|+|G[m,n-1]-G[m+1,n]| \cdots \text{式 5 6}
 \end{aligned}$$

によって算出する。

【0087】次に、画像処理部11は、任意の閾値Th1について、

$$|Cv[m,n]-Ch[m,n]| \leq Th1$$

が成り立つ場合、縦横間で類似性に区別がつかないと判定して指標HV[m,n]に0を設定し、

$$|Cv[m,n]-Ch[m,n]| > Th1 \text{ かつ } Cv[m,n] < Ch[m,n]$$

が成り立つ場合、横方向よりも縦方向の類似性が高いと判定して指標HV[m,n]に1を設定し、

$$|Cv[m,n]-Ch[m,n]| > Th1 \text{ かつ } Cv[m,n] \geq Ch[m,n]$$

が成り立つ場合、縦方向よりも横方向の類似性が高いと判定して指標HV[m,n]に-1を設定する。

【0088】また、画像処理部11は、任意の閾値Th2について、

$$|C45[m,n]-C135[m,n]| \leq Th2$$

が成り立つ場合、斜め方向間で類似性に区別がつかない*

$$\begin{aligned}
 G'[m,n]=&(k1 \cdot G[m-1,n-1]+k2 \cdot G[m+1,n-1]+k3 \cdot G[m,n]+k4 \cdot G[m-1,n+1] \\
 &+k5 \cdot G[m+1,n+1])/(k1+k2+k3+k4+k5) \cdots \text{式 5 7}
 \end{aligned}$$

によって算出する(図9S4)。

【0090】すなわち、式57に示す演算は、座標[m,n]に位置する画素の緑色成分の色情報を、座標[m-1,n-1]、[m+1,n-1]、[m,n]、[m-1,n+1]、[m+1,n+1]に位置する画素の緑色成分の色情報を加重加算した値に置き換えることに相当する。式57では、k1~k5の値を変えることによって、平滑化の度合いを変えることができるが、※

$$G'[m,n]=(k1 \cdot G[m-1,n-1]+k2 \cdot G[m+1,n-1]+k3 \cdot G[m,n])/(k1+k2+k3) \cdots \text{式 5 7'}$$

式57'において、k1,k2,k3の比率としては、例えば、「k1:k2:k3=1:2:1」や「k1:k2:k3=1:6:1」などが考えられる。ところで、上述した各実施形態において、平滑化処理の結果として算出されるG'[i+1,j]は、座標[i,j-1]、[i+1,j]、[i,j+1]に位置する画素の緑色成分の色情報だけでなく、座標[i+2,j-1]、[i+2,j+1]に位置する画素の緑色成分の色情報を加重加算して算出しても良い。また、G'[i,j+1]は、座標[i-1,j]、[i,j+1]、[i+1,j]に位置する画素の緑色成分の色情報だけでなく、座標[i-1,j+2]、[i+1,j+2]に位置する画素の緑色成分の色情報を加重加算して算出しても良い。

【0092】すなわち、本発明において、平滑化処理の対象となる画素は、その画素の緑色成分の色情報と、その画素の斜め方向に隣接する画素の緑色成分の色情報とを用いて平滑化が行われることになる。次に、画像処理部11は、平滑化処理の対象となる全ての画素の座標が[m,n]に設定されたか否かを判定し(図9S5)、平滑化処理の対象となる画素のうち、[m,n]に座標が設定されていないが画素が存在する場合、図9S1以降の処理を繰り返し行う。

【0093】すなわち、第3の実施形態では、平滑化処

*と判定して指標DN[m,n]に0を設定し、

$$|C45[m,n]-C135[m,n]| > Th2 \text{ かつ } C45[m,n] < C135[m,n]$$

が成り立つ場合、斜め135度方向よりも斜め45度方向の類似性が高いと判定して指標DN[m,n]に1を設定し、

$$|C45[m,n]-C135[m,n]| > Th2 \text{ かつ } C45[m,n] \geq C135[m,n]$$

10 が成り立つ場合、斜め45度方向よりも斜め135度方向の類似性が高いと判定して指標DN[m,n]に-1を設定する。

【0089】以上説明したようにして、縦横類似性を示す指標HV[m,n]と斜め類似性を示す指標DN[m,n]とを設定すると、画像処理部11は、指標HV[m,n]の値と指標DN[m,n]の値とが、共に0であるか否かを判定する(図9S3)。そして、画像処理部11は、指標HV[m,n]と指標DN[m,n]との値が共に0である場合、座標[m,n]に位置する画素に対する平滑化処理の結果として、G'[m,n]を、

※例えば、k1~k5の値を「k1=k2=k4=k5=1、k3=4」に設定することは、完全に平滑化することを意味する。また、平滑化を弱くする場合には、k1~k5の値を「k1=k2=k4=k5=1、k3=12」に設定すれば良い。

【0091】なお、G'[m,n]は、式57に代えて以下の式57'によって算出しても良い。

30 理の結果を示す値が、G'[m,n]に設定されることになる。以上説明したように、第3の実施形態では、縦横間および斜め方向間で類似性に区別がつかない画素に対してのみ、平滑化処理の結果を示す値として、局所領域内の緑色成分の色情報を加重加算した値を設定するので、平坦な領域、または、孤立輝点を示す領域、または、高密度のチェックパターンを示す領域が平滑化されることになり、平滑化によって画像本来の構造が損なわれることがない。

40 【0094】なお、第3の実施形態では、縦横類似性を示す指標HVと、斜め類似性を示す指標DNとを用いて、式57の演算を行うか否かの判定(図9S3に相当する)を行っているが、このような判定は、縦横類似性を示す指標HVのみを用いて行っても良い。

《第4の実施形態》以下、第4の実施形態の動作を説明する。

【0095】なお、第4の実施形態は、請求項14ないし請求項16に記載の画像処理プログラムを記録した記録媒体を用いて、図1に示すPC18によって画像処理を実行することに相当する。

50 【0096】ただし、PC18には、CD-ROM28

などの記録媒体に記録された画像処理プログラム（前述した各実施形態の画像処理部11と同様にして補間処理や平滑化処理を実行する画像処理プログラム）が予めインストールされているものとする。すなわち、PC18内の不図示のハードディスクには、このような画像処理プログラムが不図示のCPUによって実行可能な状態に格納されている。

【0097】以下、図1を参照して第4の実施形態の動作を説明する。まず、電子カメラ1は、操作部24を介し、操作者によって撮影モードが選択されてリリースボタンが押されると、撮像素子21で生成されてアナログ信号処理部22で所定のアナログ信号処理が施された画像信号を、A/D変換部10でデジタル化し、画像データとして、画像処理部11に供給する。画像処理部11は、このようにして供給された画像データに対し、補間処理や平滑化処理を除く画像処理（例えば、 γ 補正や輪郭強調等）を行う。画像処理が完了した画像データは、メモ리카ード用インタフェース部17を介してメモ리카ード16に記録される。

【0098】次に、電子カメラ1は、操作部24を介し、操作者によってPC通信モードが選択された状態で、外部インタフェース部19を介し、PC18から画像データの転送が指示されると、その指示に対応する画像データを、メモ리카ード用インタフェース部17を介してメモ리카ード16から読み出す。そして、このようにして読み出した画像データを、外部インタフェース部19を介してPC18に供給する。

【0099】PC18内の不図示のCPUは、このようにして画像データが供給されると、前述した画像処理プログラムを実行する。なお、このような画像処理プログラムの実行によって補間処理や平滑化処理が行われた画像データは、必要に応じて圧縮処理して不図示のハードディスクに記録したり、ディスプレイ26やプリンタ27で採用されている表色系に変換して各々に供給しても良い。

【0100】以上説明したように、第4の実施形態では、前述した各実施形態と同様の画像処理（補間処理や平滑化処理）をPC18によって行うことができる。なお、PC18内の不図示のCPUは、前述したように画像データが記録されたメモ리카ード16が装着された場合、そのメモ리카ード16から画像データを読み出し、前述した画像処理プログラムを実行しても良い。

【0101】また、PC18内の不図示のCPUは、電子カメラ1の画像処理部11で補間処理や平滑化処理が行われた画像データであっても、その画像データが、PC18への転送に際して伝送量の削減のために解像度が1/4に間引き圧縮されている場合、前述した画像処理プログラムを実行しても良い。

【0102】

【発明の効果】以上説明したように、請求項1および請

求項14に記載の発明は、着目画素と着目画素の周辺に位置する画素との相関に応じて、着目画素の少なくとも1つの色成分に対し、選択的に平滑化を行う。請求項3および請求項15に記載の発明は、類似度が特定の特徴を示す画素と、その画素の近傍に位置する画素とから選択した画素が有する色成分の色情報に平滑化を行う。請求項5および請求項16の発明は、補間の対象となる画素のうち、類似度が特定の特徴を示す画素に隣接する画素から選択した画素が有する色成分の色情報に平滑化を行う。請求項11に記載の発明は、類似度が特定の特徴を示す複数の画素に隣接する画素が有する色成分の色情報に平滑化を行う。

【0103】したがって、請求項1、請求項3、請求項5、請求項11、請求項14ないし請求項16に記載の発明によれば、画像データの全体が一樣に平滑化されることがないので、画像本来の構造を残しつつ、平滑化を行うことが可能である。また、請求項2に記載の発明は、着目画素および着目画素に隣接する画素が有する色成分の色情報を用いて平滑化を行い、請求項4および請求項6に記載の発明は、平滑化の対象となる画素およびその画素に隣接する画素が有する色成分の色情報を用いて平滑化を行うので、平滑化に際して局所領域内の少ない画素数を用いた計算によって所望の平滑化効果を実現することができる。

【0104】請求項8に記載の発明は、補間を伴う平滑化を行うべき色成分を確実に選択することができる。請求項9および請求項10に記載の発明は、類似度が特定の特徴を示さない画素に隣接する画素のように、平滑化が不要の画素に平滑化が行われた場合であっても、その画素の色成分の色情報を元の状態に復元することができる。

【0105】請求項12および請求項13に記載の発明は、少なくとも2つの異なる方向に対する類似度が同程度となる画素に隣接する画素から選択した画素が有する色成分の色情報に平滑化を行う。そのため、平坦部に限らず高密度のチェックパターンや孤立輝点に対しても平滑化が行われ、構造が方向性を持って変化する部分では平滑化が行われないので、画像本来の解像度が低下したり、偽色が発生することがない。

【0106】したがって、請求項2、請求項4、請求項6、請求項8ないし請求項10、請求項12、請求項13に記載の発明によれば、平滑化に際して画像本来の構造を確実に保持させることができる。また、請求項7に記載の発明は、補間に並行して平滑化を行うので、補間を伴う平滑化を速やかに行うことができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】電子カメラの機能ブロック図である。

【図2】第1の実施形態および第2の実施形態における画像データの色成分の配列を示す図である。

【図3】第1の実施形態における画像処理部の動作フロ

ーチャートである。

【図4】類似度成分の加重加算を説明する図である。

【図5】緑の補間値を算出する際に用いる色情報の位置を示す図である。

【図6】 $(HV[i,j], DN[i,j])$ の値に対応する類似性の強い方向を示す図である。

【図7】第1の実施形態に類似する画像処理部の動作フローチャートである。

【図8】第2の実施形態における画像処理部の動作フローチャートである。

【図9】第3の実施形態における画像処理部の動作フローチャートである。

【図10】色情報の値の例を示す図である。

【符号の説明】

- 1 電子カメラ
10 A/D変換部
11 画像処理部

- * 12 制御部
13 メモリ
14 圧縮／伸長部
15 表示画像生成部
16 メモリカード
17 メモリカード用インタフェース部
18 PC（パーソナルコンピュータ）
19 外部インタフェース部
20 撮影光学系
21 撮像素子
22 アナログ信号処理部
23 タイミング制御部
24 操作部
25 モニタ
26 ディスプレイ
27 プリンタ
* 28 CD-ROM

【図2】

第1の実施形態および第2の実施形態における画像データの色成分の配列を示す図

座標[X,Y]	i-3	i-2	i-1	i	i+1	i+2	i+3
j-3	B	G	B	G	B	G	B
j-2	G	R	G	R	G	R	G
j-1	B	G	B	G	B	G	B
j	G	R	G	R	G	R	G
j+1	B	G	B	G	B	G	B
j+2	G	R	G	R	G	R	G
j+3	B	G	B	G	B	G	B

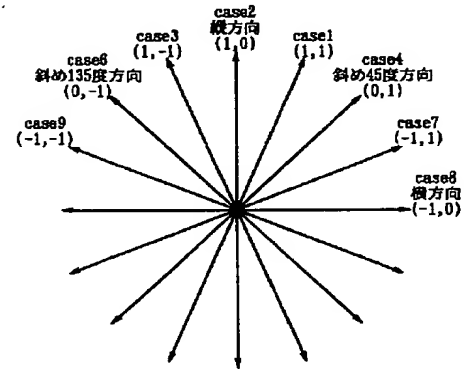
(1)

座標[X,Y]	i-3	i-2	i-1	i	i+1	i+2	i+3
j-3	R	G	R	G	R	G	R
j-2	G	B	G	B	G	B	G
j-1	R	G	R	G	R	G	R
j	G	B	G	B	G	B	G
j+1	R	G	R	G	R	G	R
j+2	G	B	G	B	G	B	G
j+3	R	G	R	G	R	G	R

(2)

【図6】

$(HV[i,j], DN[i,j])$ の値に対応する類似性の強い方向を示す



【図4】

類似度成分の加重加算を説明する図

1		1
	4	
1		1

× 1/8

(1) 方法1に相当する類似度成分の加重加算

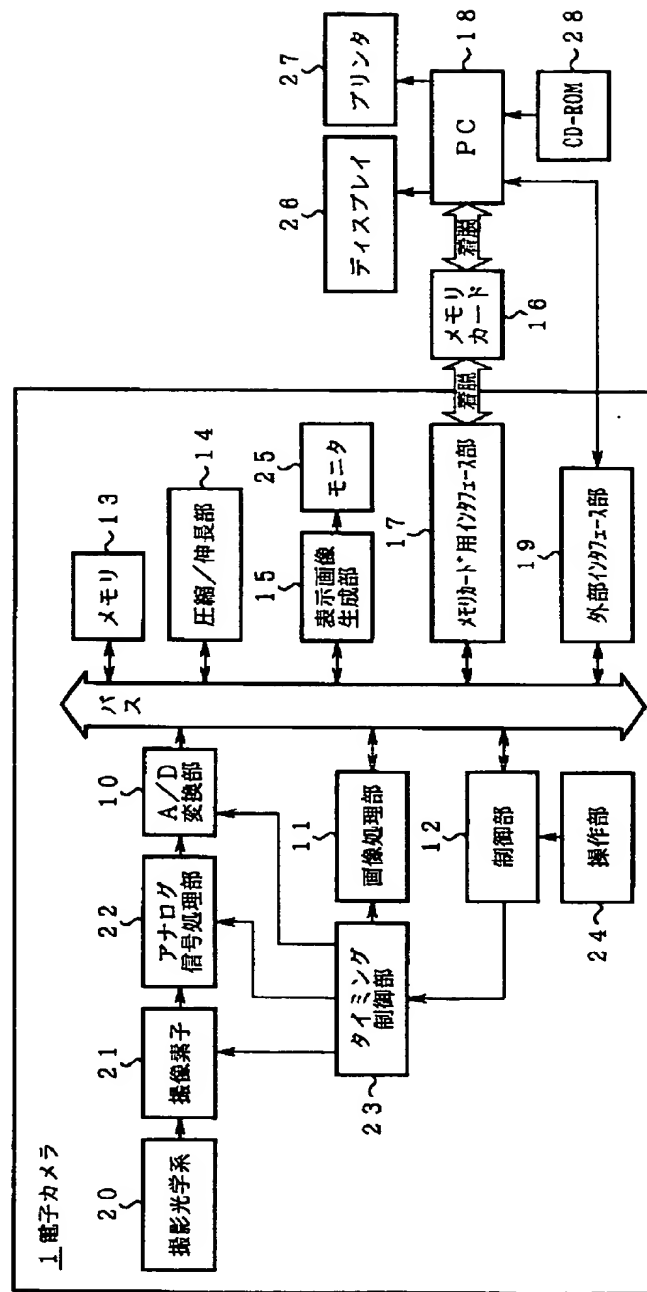
		1		
	2		2	
1		4		1
	2		2	
		1		

× 1/16

(2) 方法2に相当する類似度成分の加重加算

〔図1〕

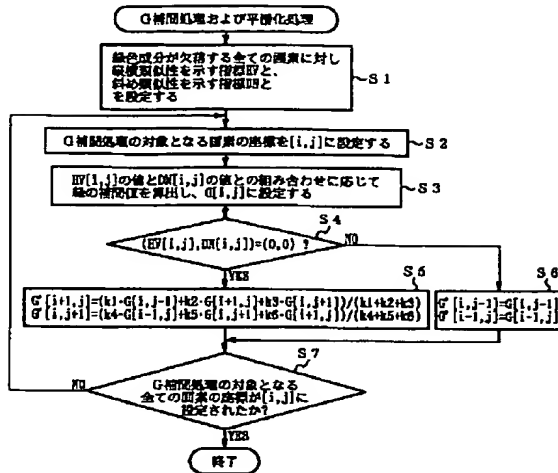
電子カメラの機能ブロック図



【図3】

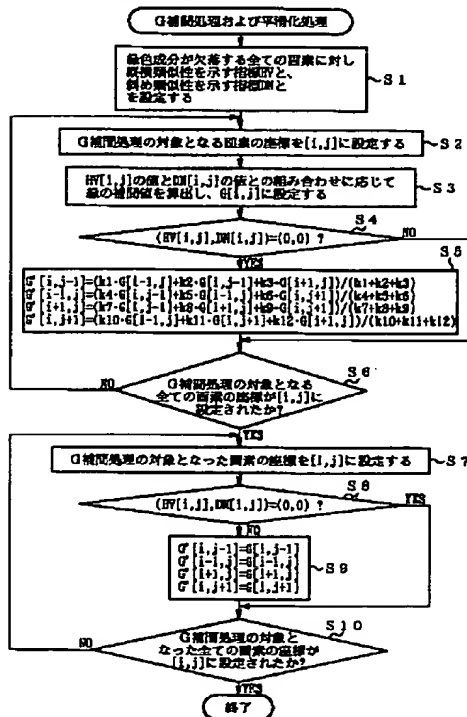
【図5】

第1の実施形態における画像処理部の動作フローチャート

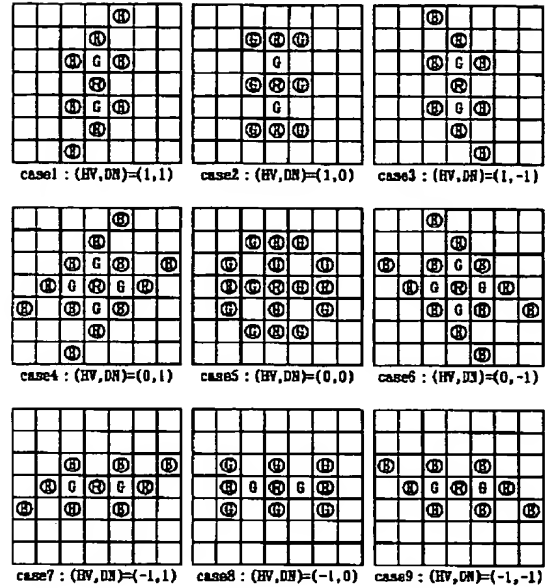


【図7】

第1の実施形態に類似する画像処理部の動作フローチャート

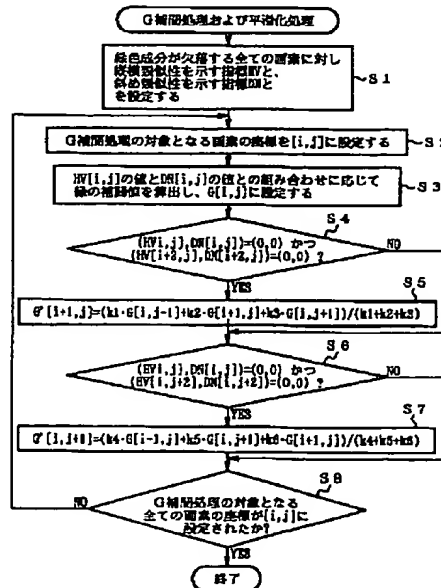


緑の補間値を算出する際を用いる色情報の位置を示す図



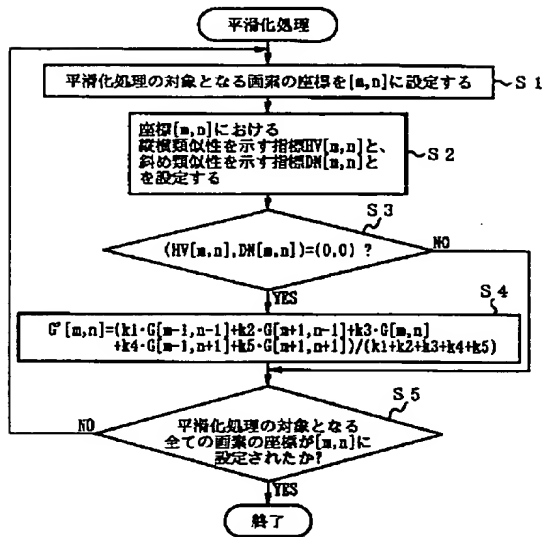
【図8】

第2の実施形態における画像処理部の動作フローチャート



【図9】

第3の実施形態における画像処理部の動作フローチャート



【図10】

格子パターンを示す画像の色情報の値の例を示す図

座標[X,Y]	i-3	i-2	i-1	i	i+1	i+2	i+3
j-3	B=150	G=200	B=150	G=200	B=150	G=200	B=150
j-2	G=100	R=150	G=100	B=150	G=100	R=150	G=100
j-1	B=150	G=200	B=150	G=200	B=150	G=200	B=150
j	G=100	R=150	G=100	B=150	G=100	R=150	G=100
j+1	B=150	G=200	B=150	G=200	B=150	G=200	B=150
j+2	G=100	R=150	G=100	B=150	G=100	R=150	G=100
j+3	B=150	G=200	B=150	G=200	B=150	G=200	B=150

(1)

格子パターンを示す画像に補間処理を行った後の緑色成分の値の例を示す図

座標[X,Y]	i-3	i-2	i-1	i	i+1	i+2	i+3
j-3	150	200	150	200	150	200	150
j-2	100	150	100	150	100	150	100
j-1	150	200	150	200	150	200	150
j	100	150	100	150	100	150	100
j+1	150	200	150	200	150	200	150
j+2	100	150	100	150	100	150	100
j+3	150	200	150	200	150	200	150

(2)

フロントページの続き

(51)Int.Cl.

H 0 4 N 1/60

9/64

識別記号

F I

H 0 4 N 1/46

1/40

テーマコード(参考)

Z 5 L 0 9 6

D

F ターム(参考) 5B057 CA01 CA08 CA12 CA16 CB01
 CB08 CB12 CB16 CC02 CE05
 CE16 CH09 DC25
 5C065 AA03 BB22 BB48 EE03 GG13
 GG32
 5C066 AA01 CA08 EF12 GA01 GB03
 KA12 KD06 KE01 KM05 KP05
 5C077 LL05 PP02 PP32 PP48 PQ12
 PQ18 PQ25 RR19 SS01 TT09
 5C079 HB01 JA13 LA14 LA28 MA02
 MA11 NA02 PA05
 5L096 AA02 AA06 BA08 DA01 EA06
 EA33 FA34 JA03 JA11 MA07